



SOLCOOL

CLIMATISATION ET CHAUFFAGE PAR COMBI-SYSTEME

Rapport annuel 2008

Auteur et coauteurs	S. Citherlet, C. Hildbrand et A. Kleijer
Institution mandatée	Haute Ecole d'Ingénierie et de Gestion du Canton de Vaud (HEIG-VD/LESBAT)
Adresse	Rte de Cheseaux 1
Téléphone, e-mail, site Internet	Tél.: 024 / 557 63 54, stephane.citherlet@heig-vd.ch
N° projet / n° contrat OFEN	152'645
Responsable OFEN du projet	Jean-Christophe Hadorn
Durée prévue du projet (de - à)	Octobre 2007 à décembre 2009
Date	20 décembre 2008

RÉSUMÉ

Dans le cadre de la Tâche 38 de l'Agence Internationale de l'Energie (AIE), nous avons effectué durant l'année 2008 les points suivants :

- Installation du stand de tests de la machine Sortech
- Mise en place du programme d'acquisition et de gestion du stand de tests permettant de faire fonctionner le système de manière reproductible, ceci grâce à l'intégration de simulations TRNSYS dans la boucle de commande et d'acquisition.
- Initier l'analyse du cycle de vie de tous les composants du stand de tests
- Participation aux séances de la Tâche 38 de l'AIE.

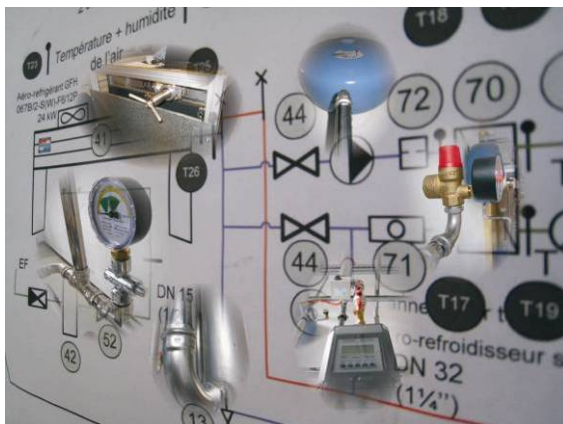


Table des matières

Table des matières	2
Buts du projet	3
1 Description de l'installation	4
1.1 Principe de fonctionnement	4
1.2 Machine à adsorption (PRINCIPE)	6
1.3 Machine SORTECH	6
1.4 Descriptif de l'installation	9
1.5 Circuit HT (capteurs solaires)	10
1.6 Circuit LT (distribution de froid, bâtiment)	12
1.7 Circuit MT (recooler)	13
2 Mise en service de l'installation	16
2.1 Hydraulique et installation	16
2.2 Corps de chauffe électrique	18
2.3 Test de la Machine Sortech	20
2.4 Recooler	20
3 Description du programme d'acquisition et de gestion	21
3.1 Acquisition	21
3.2 Gestion	24
4 Détermination des tests à effectuer sur le stand	25
5 Analyse du cycle de vie (ACV) de l'installation de tests	26
5.1 Objectif de l'étude	26
5.2 Champ de l'étude	27
5.2.1 Fonction du produit	27
5.2.2 Unité fonctionnelle	27
5.2.3 Limites du système	27
5.2.4 Base de données	28
5.2.5 Informations de base nécessaires pour l'écobilan	28
5.2.6 Données sur les matériaux	28
5.3 Composition des groupes	29
5.3.1 Machine Sortech	29
5.3.2 Circuit HT (circuit solaire)	29
5.3.3 Circuit LT (distribution de froid, bâtiment)	30
5.3.4 Circuit MT (Recooler)	31
5.4 Eléments et résultats	32
5.4.1 Les indicateurs	32
5.4.2 Analyse des résultats	32
5.5 Conclusion a l'acv	35
6 Collaboration nationale	35
7 Collaboration internationale	35
8 Publication	35
9 Évaluation de l'année 2008 et perspectives pour 2009	35
10 Références	36

Buts du projet

La Tâche 38 de l'Agence Internationale de l'Energie (AIE) a été définie dans le cadre du programme Solar Heating and Cooling. Cette Tâche, intitulée *Solar Air-Conditioning and Refrigeration*, a comme principal objectif de mettre en œuvre des mesures pour une introduction accélérée sur le marché des systèmes de climatisation et de réfrigération solaires.

Notre projet a pour objectif de démontrer le potentiel d'une installation permettant de produire de l'eau chaude pour le chauffage et/ou l'ECS en hiver et pour la climatisation en été à partir d'un combi-système commercialisé et modifié sur lequel s'ajouterait une installation de froid par adsorption.

Dans le cadre de ce projet, un nouveau stand de tests a été dimensionné et installé dans les nouveaux laboratoires du LESBAT à St-Roch. Ce stand permet d'analyser les performances de la machine en émulant la production d'eau chaude des capteurs solaires et la consommation d'énergie d'une installation (bâtiment, processus industriel, etc.). Une machine à adsorption achetée à l'entreprise SORTECH (D) a été raccordée au banc de test au moyen de trois circuits :

- Le circuit émulant les capteurs solaires (puissance 8.9 kW), appelé circuit HT
- Le circuit émulant le bâtiment (puissance 5.5 kW), appelé circuit LT
- Le circuit d'évacuation de la chaleur avec aérorefroidisseur (appelé aussi recool) (puissance 14.4 kW), appelé circuit MT

Le stand est équipé d'éléments de mesures (débits, températures) afin de pouvoir faire des bilans d'énergie selon des conditions météorologiques définies.

La participation du LESBAT à la Tâche 38 de l'AIE se fait au niveau des sous-tâches A (systèmes compacts), C (simulation) et D (écobilan).

La mise en place du stand, des mesures ainsi que de l'analyse du fonctionnement entrent dans la sous-tâche A de la Tâche 38.

Notre participation à la sous-tâche C consistera à l'élaboration d'un modèle de "type boîte noire" qui reprendra les mesures de la machine Sortech pour en déterminer les points de fonctionnement. Dans un second temps, un modèle microscopique de la machine sera réalisé afin de simuler plus précisément son fonctionnement (intégration de caractéristiques physiques).

Enfin, nous souhaitons apporter nos connaissances et notre expérience dans l'étude des impacts environnementaux des systèmes de climatisation solaire. Pour ce faire, nous participons à la sous-tâche D de la Tâche 38. Nous avons prévu d'analyser les impacts environnementaux d'une installation fonctionnant avec la machine Sortech et de comparer ces impacts à une installation fonctionnant avec un système conventionnel de climatisation (système à compression).

Pour 2008, il était prévu de :

- Finaliser l'installation de la machine Sortech
- Analyser des performances de cette machine
- Déménager le combi-système Arpège de Cheseaux à St-Roch
- Débuter les simulations
- Initier l'analyse de cycle de vie de l'installation

1 Description de l'installation

1.1 PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

Une installation de climatisation solaire "standard" avec machine à ab- ou ad-sorption se compose des éléments représentés dans la figure 1, à savoir :

- un système de distribution de froid (lié au bâtiment)
- une installation solaire (avec cuve de stockage)
- un circuit de refroidissement (recooler)
- la machine à ab- ou ad-sorption

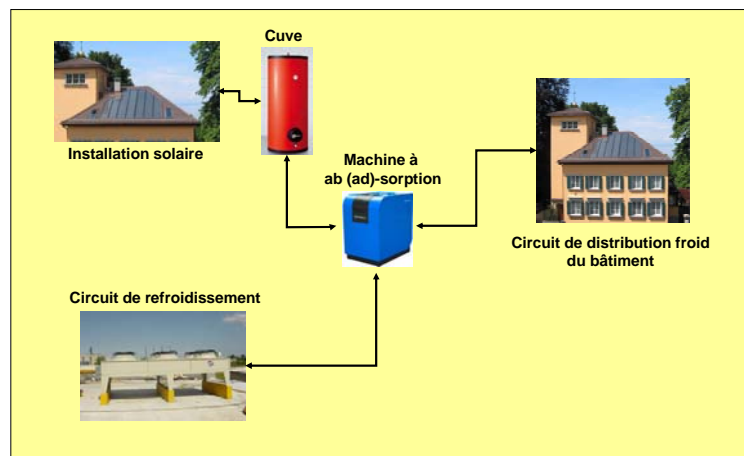


FIGURE 1 : COMPOSANTS D'UNE INSTALLATION DE CLIMATISATION SOLAIRE

Notre installation de laboratoire reprend ces différents éléments, cependant, l'installation solaire et le circuit de distribution du bâtiment sont remplacés par des corps de chauffe électriques, comme schématisé dans la Figure 2. Ceux-ci nous permettent d'émuler (1) différents champs de capteurs solaires fonctionnant sous différents climats et (2) des bâtiments avec différentes affectations et caractéristiques architecturales. Etant obligés d'installer le recooler à l'extérieur, nous avons ajouté un échangeur de chaleur à plaques sur le circuit de refroidissement, nous pouvons ainsi garantir une température de retour du recooler vers la machine à adsorption indépendamment des conditions météorologiques. Cette façon de faire nous permettra de faire des tests reproductibles tout au long de l'année.

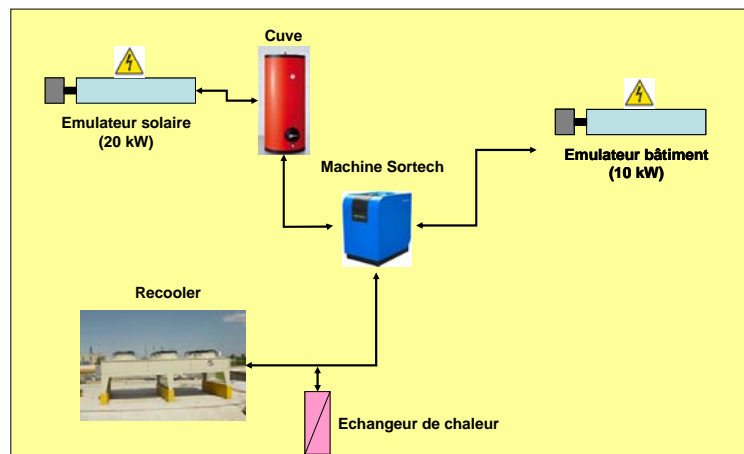


FIGURE 2 : COMPOSANTS DE L'INSTALLATION DE TESTS DE CLIMATISATION SOLAIRE DU LESBAT

Le combi-système Arpège a été installé sur le circuit de refroidissement, ceci dans le but de déterminer l'influence d'un tel système sur le refroidissement de la machine Sortech (Figure 3).

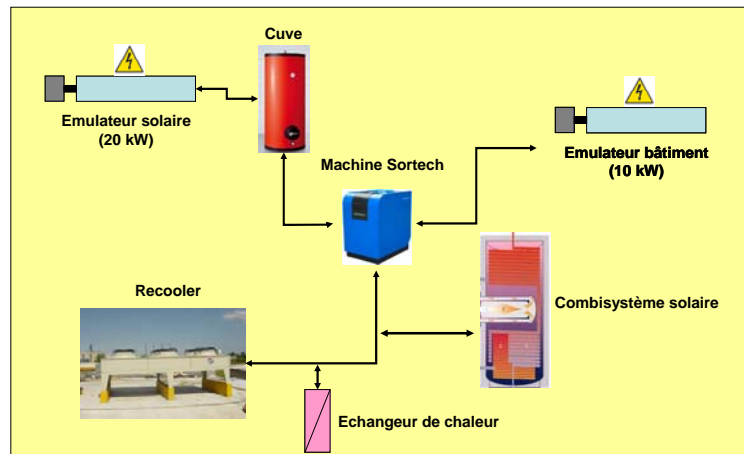


FIGURE 3 : COMPOSANTS DE L'INSTALLATION DE TESTS DE CLIMATISATION SOLAIRE DU LESBAT AVEC COMBI-SYSTEME ARPEGE

Un système de vanne de passage permettra de tester les quatre différentes configurations schématisées dans la figure 4.

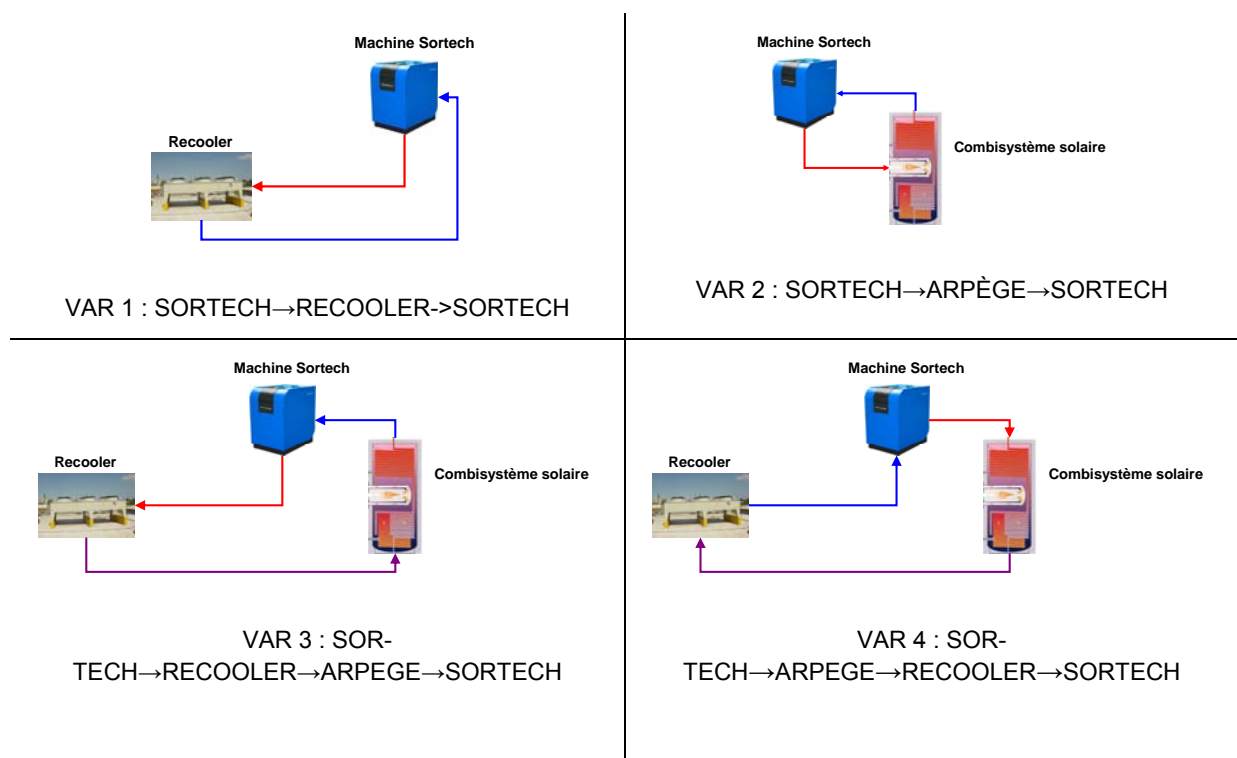


FIGURE 4 : DIFFERENTES POSSIBILITES DE RACCORDEMENT SUR LE CIRCUIT MT.

Dans la première configuration (VAR 1), les adsorbents seront refroidis seulement avec le recool. Cette variante permettra de tester le mode de refroidissement "standard" de Sortech. La seconde configuration permettra de refroidir les adsorbents seulement grâce au combi-système. Nous pourrions ainsi observer le potentiel thermique d'un tel refroidissement (apport énergétique dans la cuve et diminution de la puissance électrique des ventilateurs du recool). Les variantes 3 et 4 associent le recool et le combi-système. Dans la variante 3, le fluide se refroidira dans le recool puis dans le combi-système, alors que l'ordre est inversé dans la variante 4. Ces deux dernières variantes permettront de situer le potentiel énergétique de ces configurations par rapport aux variantes 1 et 2.

1.2 MACHINE A ADSORPTION (PRINCIPE)

L'adsorbant du premier compartiment (réacteur 1) est "régénéré" par chauffage (eau chaude solaire), la vapeur d'eau ainsi générée étant envoyée dans le condenseur où elle se condense. L'eau liquide, via une vanne de détente, est envoyée à basse pression dans l'évaporateur où elle s'évapore (phase de production de froid). L'adsorbant du compartiment 2 maintient la basse pression en adsorbant cette vapeur d'eau. Ce compartiment doit être refroidi pour entretenir le processus d'adsorption. Lorsque la production de froid diminue (saturation de l'adsorbant en vapeur d'eau), les fonctions des deux compartiments sont permutées par ouverture et fermeture de clapets.

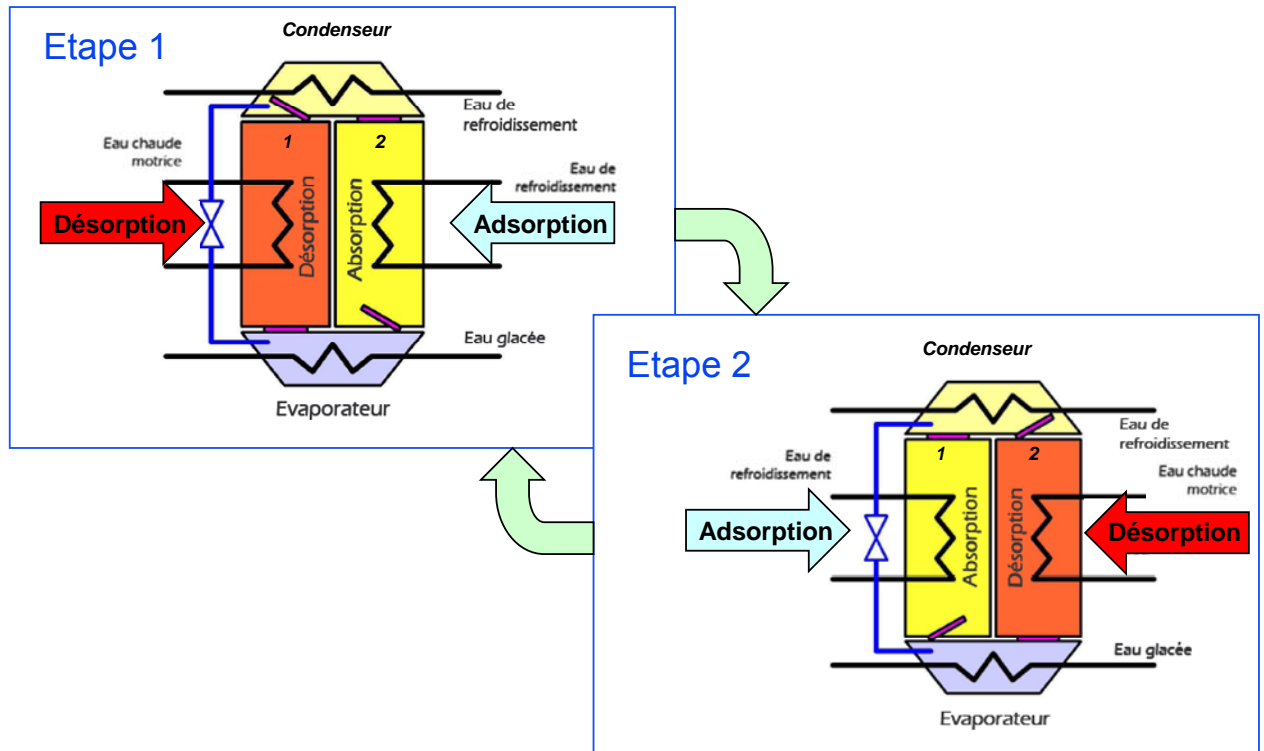


FIGURE 5 : SCHEMA DE PRINCIPE D'UNE MACHINE A ADSORPTION

1.3 MACHINE SORTECH

La machine SORTECH est une machine frigorifique à adsorption fonctionnant avec le couple silicagel-eau d'une puissance frigorifique nominale de 5.5 kW. Le modèle que nous avons acheté est un modèle fabriqué à quelques unités et ne se trouve pas sur le marché.



FIGURE 6 : MACHINE SORTECH DANS LES LOCAUX DU LESBAT



FIGURE 7 : RACCORDEMENT DES CIRCUITS A LA MACHINE SORTECH (DE GAUCHE A DROITE : HT; MT; LT) AVEC LES SONDES DE TEMPERATURE PERMETTANT DE FAIRE LES BILANS D'ENERGIE

Les schémas suivants permettent de mieux comprendre le fonctionnement de la machine Sortech.

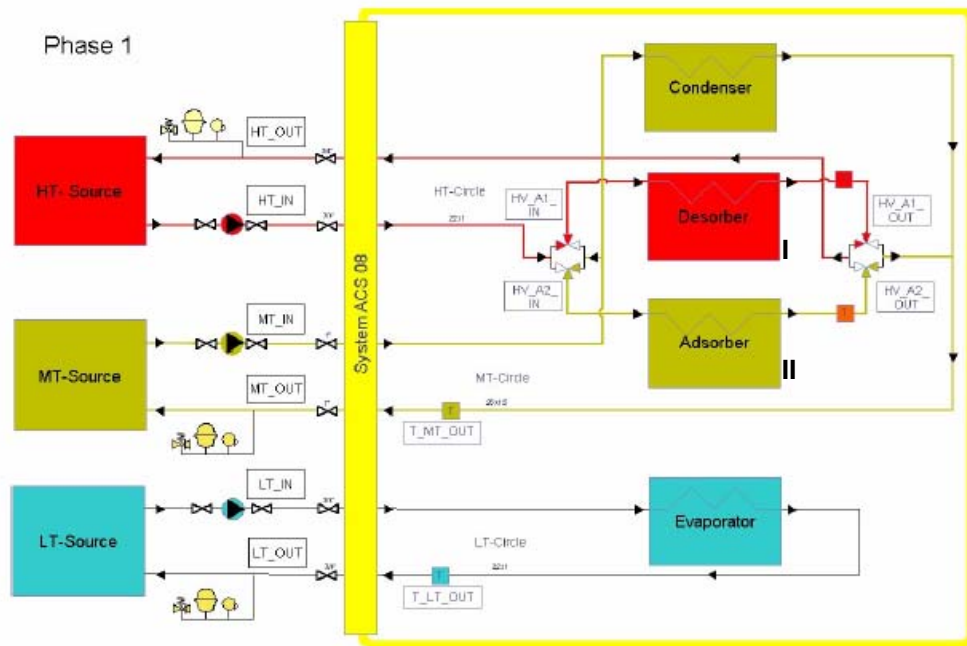


FIGURE 8 : MACHINE SORTECH - PHASE 1 (TIRE DE [6])

La phase 1 correspond au chauffage du réacteur I (Desorber sur figure 8) par le circuit des capteurs solaires (HT-Source). Le silicagel contenu dans de ce réacteur va désorber de la vapeur d'eau qui va aller se condenser dans le condenseur qui est lui-même refroidit par le circuit du recoolant (MT-Source). Les condensats peuvent être transférés dans l'évaporateur où ils s'évaporeront pour rejoindre le réacteur II (Adsorber sur figure 8). Durant cette phase, le réacteur II est refroidit par le circuit du recoolant (MT). L'évaporation de l'eau dans l'évaporateur permet de refroidir l'eau du circuit LT (distribution froid du bâtiment). Le passage des vapeurs entre les réacteurs, le condenseur et l'évaporateur n'est pas montré sur ces schémas mais correspond aux passages montrés dans la Figure 5.

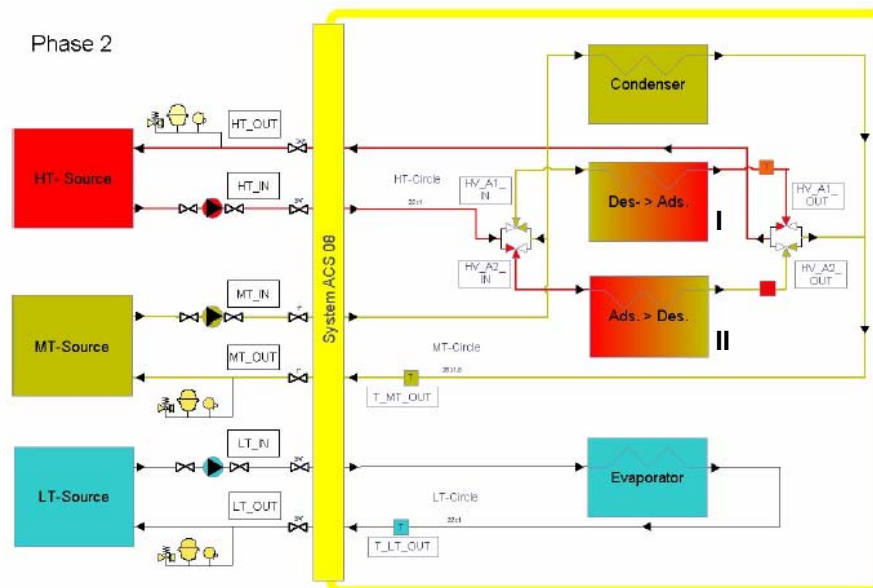


FIGURE 9 : MACHINE SORTECH - PHASE 2 (TIRE DE [6])

La phase 2 est une phase de transition. Cette phase correspond au basculement entre les deux réacteurs d'adsorption. La source HT est dirigée vers l'adsorbeur II alors que le circuit MT va refroidir le réacteur I.

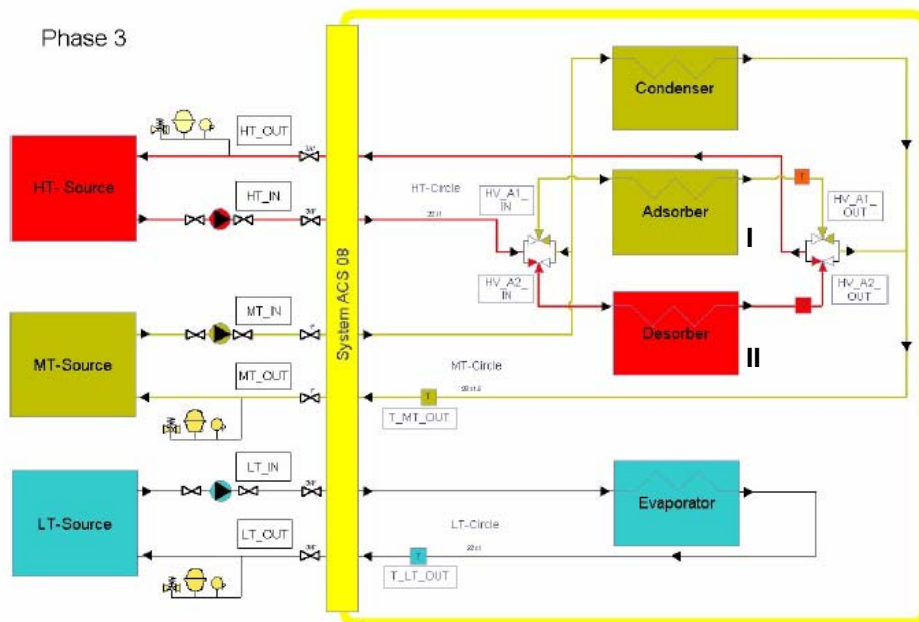


FIGURE 10 : MACHINE SORTECH - PHASE 3 (TIRE DE [6])

La phase 3 correspond à la phase 1 à la différence que cette fois-ci, c'est l'adsorbeur II qui est chauffé pendant que l'adsorbeur I est refroidit. L'évaporation et la condensation se font de la même façon que décrite sous la phase I.

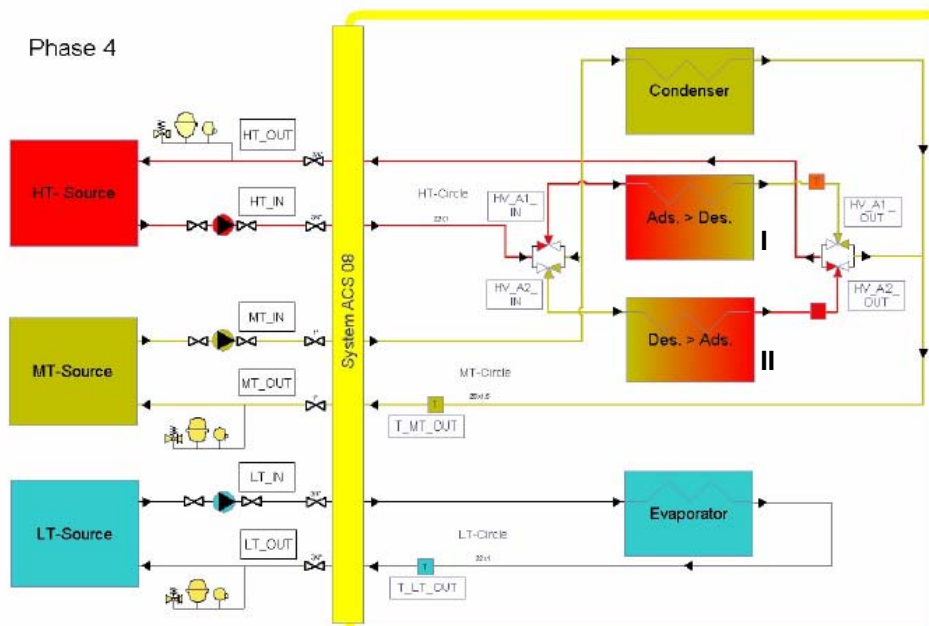


FIGURE 11 : MACHINE SORTECH - PHASE 4 (TIRE DE [6])

La phase 4 correspond à la phase de transition entre l'état 3 et l'état 1.

La régulation fournie par Sortech gère le passage des différentes phases en jouant sur la position des vannes de commutation (notées HV sur les Figure 8 à Figure 11).

Nous avons ajouté sur la machine SORTECH, quatre sondes de température de surface (thermocouple type k) : une sur le condenseur, une sur l'évaporateur et une sur chaque réacteur d'adsorption comme montré sur la photographie de la Figure 12.



FIGURE 12 : SONDES DE TEMPERATURE SUR LES DEUX REACTEURS D'ADSORPTION

1.4 DESCRIPTIF DE L'INSTALLATION



FIGURE 13 PHOTOGRAPHIE DU STAND DE TESTS

Le schéma de la figure 14 représente l'installation et ses différents composants. Les zones de couleurs délimitent les 3 différents circuits dénommés par la suite :

- Circuit HT (High temperature) : haute température passant par les "capteurs" (zone rouge)
- Circuit MT (Medium temperature) : moyenne température passant par le recoolant (zone verte)
- Circuit LT (Low temperature) : basse température passant par le circuit bâtiment (zone bleue)

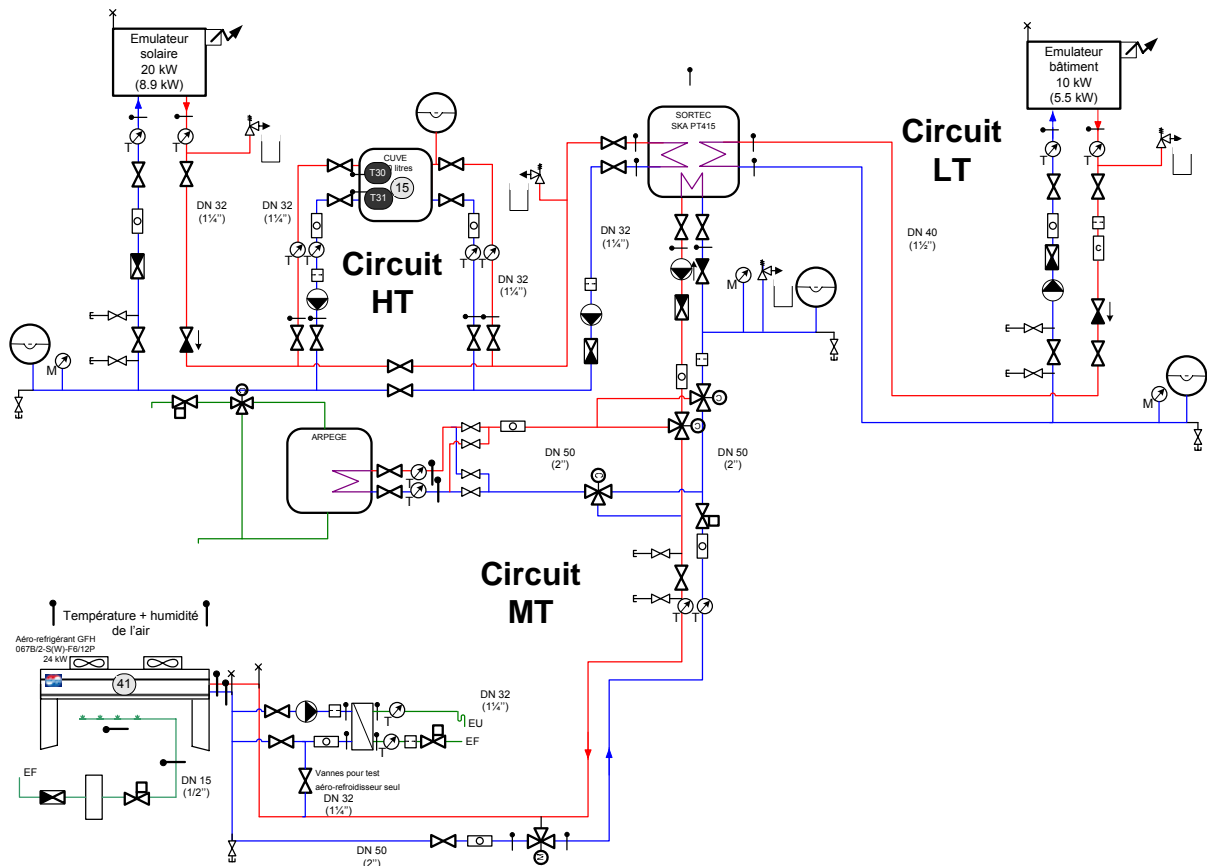


FIGURE 14 : SCHEMA DE PRINCIPE DU STAND DE TESTS AVEC VISUALISATION DES DIFFERENTS CIRCUITS (HT EN ROUGE; LT EN BLEU ET MT EN VERT)

L'ensemble des conduites est en acier inox, raccordée avec le système Optipress de Nussbaum. Le circuit LT (basse température) est rempli avec de l'eau adoucie. Les deux autres circuits contiennent de l'eau glycolée (monopropylène glycol) à 40%.

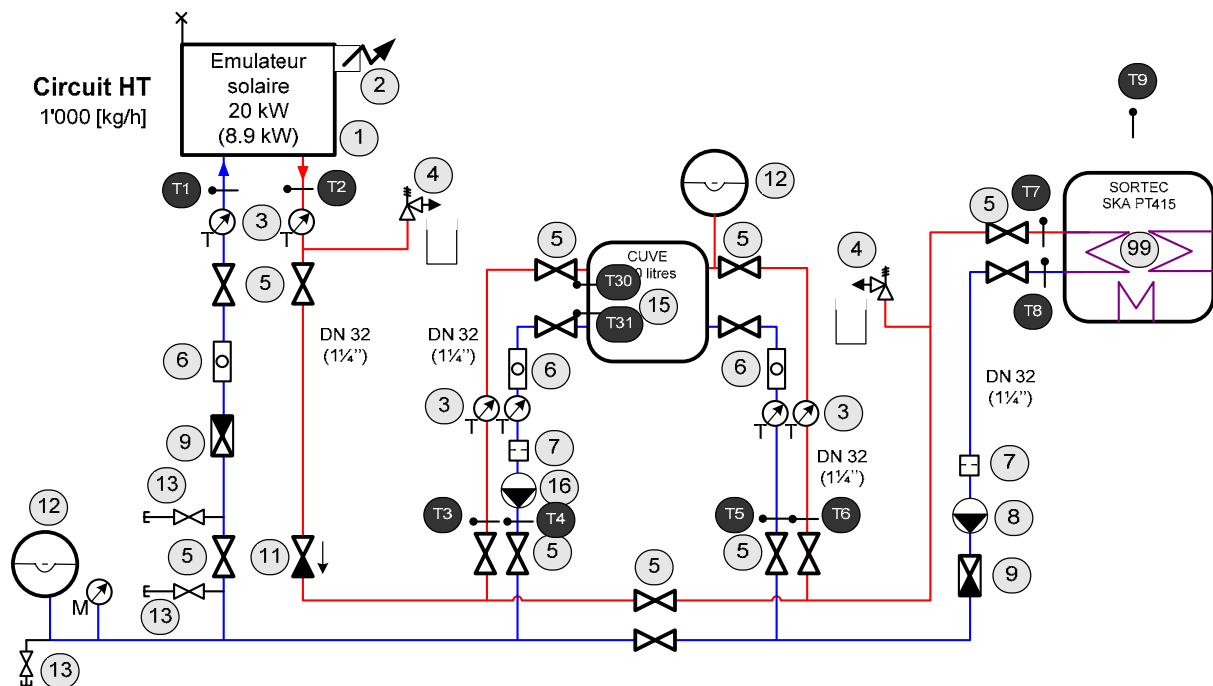
1.5 CIRCUIT HT (CAPTEURS SOLAIRES)

Le champ de panneaux solaires est remplacé par un système de corps de chauffe (Figure 16) d'une puissance de 20 kW. La puissance nominale demandée par Sortech est de 8.9 kW, le surplus de puissance permet d'être libre de simuler une installation solaire surdimensionnée ou d'autres machines avec des besoins plus importants.

Une cuve de 300 litres (ANNEXE 5 et Figure 17) a été ajoutée sur ce circuit, ceci pour les raisons suivantes :

- Le stock évite les fluctuations de puissance liées aux variations d'ensoleillement. La température d'entrée dans l'adsorbeur sera de ce fait plus constante.
- Lors de la commutation entre les deux réacteurs (phase 2 et phase 4 selon chapitre 1.3; page 6), le stock évitera les grandes variations de température dans le réacteur durant les premières minutes de chauffe, ceci nuirait au rendement de l'installation.

La connectique hydraulique du stand permet de tester le fonctionnement de la machine Sortech avec ou sans stock.



1	Emulateur solaire : 2 x Corps de chauffe Walser RDL 100 - 10 kW
2	Thyristor Eurotherm 7300S, 40A avec Régulateur Eurotherm pour circuit HT et LT, 3508N
3	Thermomètre applique, Rüeger, 0-120°C
4	Soupape de sécurité, SV 3bars avec Manomètre, 0-16 bar avec bouton poussoir
5	Vanne d'arrêt à bille FI/FI avec manette, DN32, Tmax 120°C
6	Taco-mètre, AV 23 Vannes d'équilibrage SETTER Inline UN, DN 20
7	Epurateur à tamis, 11/4"
8	Circulateur EMB RS TOP S-30/10 avec régulateur Dynatex
9	Débit-mètre, Krohne, Optiflux 1010C
11	Soupape de retenue Valstop, 11/4"
12	Vase d'expansion, Statico SD 80.3 avec manomètre
13	Robinet de vidange et de remplissage

15	Cuve de stockage 300 litres
16	Circulateur, EMB RS 30/6 avec régulateur Dynatex
99	Machine Sortech
T1	Thermocouple type k, Entrée émulateur HT
T2	PT100, 3 fils, Sortie émulateur HT – vers régulateur Eurotherm 3508N
T3	PT100, 4 fils, Entrée cuve, côté émulateur
T4	PT100, 4 fils, Sortie cuve, côté émulateur
T5	PT100, 4 fils, Entrée cuve, côté Sortech
T6	PT100, 4 fils, Sortie cuve, côté Sortech
T7	PT100, 4 fils, Entrée Sortech, circuit HT
T8	PT100, 4 fils, Sortie Sortech, circuit HT
T9	Thermocouple type k, Température ambiante laboratoire
T30	Thermocouple type k, Haut de cuve
T31	Thermocouple type k, Bas de cuve

FIGURE 15 : SCHEMA DE PRINCIPE DU CIRCUIT HT AVEC COMPOSANTS



FIGURE 16 : CORPS DE CHAUFFE ELECTRIQUES EMULANT LES CAPTEURS SOLAIRES



FIGURE 17 : CUVE DE STOCKAGE, 300 LITRES

1.6 CIRCUIT LT (DISTRIBUTION DE FROID, BATIMENT)

La demande en froid du bâtiment est émulée par un corps de chauffe électrique d'une puissance de 10 kW.

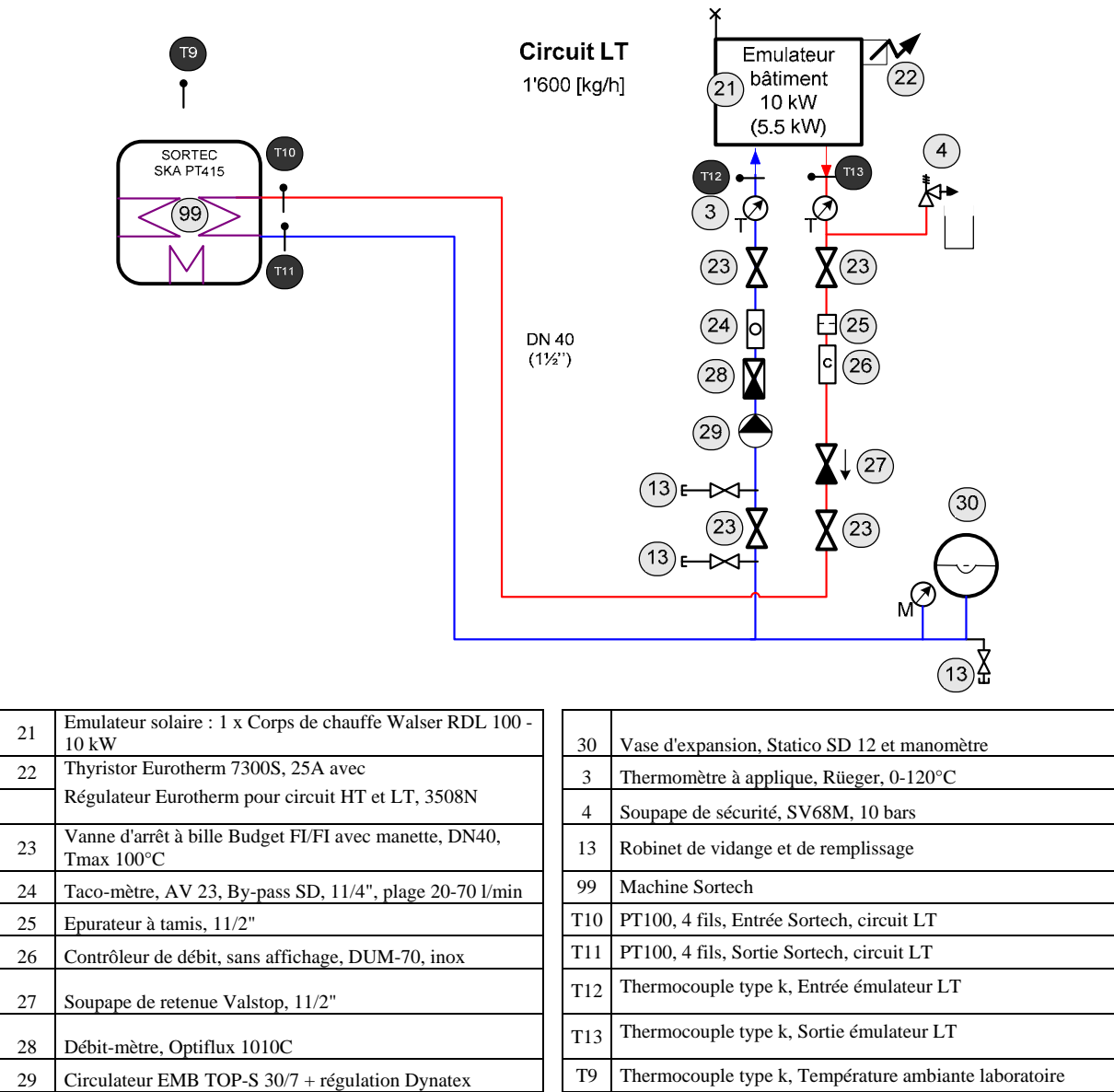


FIGURE 18 : SCHEMA DE PRINCIPE DU CIRCUIT LT AVEC COMPOSANTS



FIGURE 19 : CORPS DE CHAUFFE ELECTRIQUE EMULANT LE BATIMENT



FIGURE 20 : THYRISTORS PERMETTANT DE REGULER LA TEMPERATURE DE SORTIE DU CORPS DE CHAUFFE

1.7 CIRCUIT MT (RECOOLER)

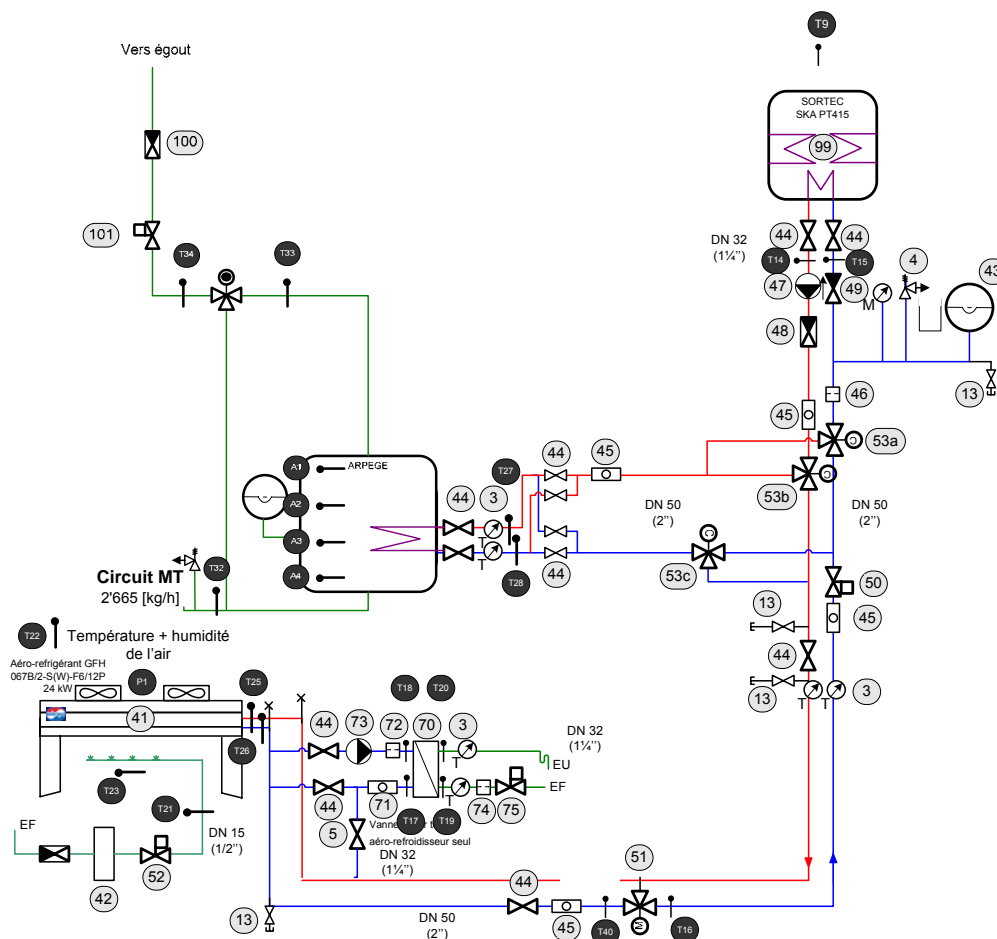
Un aérorefroidisseur de marque Güntner a été fourni avec l'installation Sortech. Celui-ci est installé à l'extérieur du bâtiment. Nous avons été obligés de tirer une tuyauterie d'environ 50 m de long pour l'alimenter. Celle-ci traverse un couloir et la salle S133. Cet aérorefroidisseur a une puissance nominale de 24 kW sous une différence de température entre le circuit à refroidir et la température de l'air de 2.4 K (41-34°C). Les caractéristiques techniques de cet aérorefroidisseur se trouvent dans l'annexe 3.



FIGURE 21 : CIRCULATEUR DU CIRCUIT MT



FIGURE 22 : ECHANGEUR A PLAQUES DU CIRCUIT RECOOLER



3	Thermomètre à applique, Rüeger, 0-120°C
4	Soupape de sécurité, SV68M, 10 bars
5	Vanne d'arrêt à bille Budget FI/FI avec manette, 11/4" Tmax 100°C
13	Robinet de vidange et de remplissage
41	Aéroréfrigérant, Guntner, GFH 067B/2-S(W)-F6 12P
42	Cartouche de déminéralisation CHRIST, Ministil Clean 10
43	Vase d'expansion, PND 80 avec manomètre
44	Vanne d'arrêt à bille Budget FI/FI avec manette, DN50, Tmax 100°C
45	Taco-mètre, AV 23, By-pass SD, 11/4", plage 20-70 l/min
46	Epurateur à tamis, 2"
47	Circulateur, EMB IPL 32/130
48	Débit-mètre, Krohne Optiflux 1010C
49	Soupape de retenue Valstop, 2"
50	Vanne motorisée à 2 voies, inox, 2", TRI-MATIC
51	Vanne motorisée à 3 voies, VXF41.24 - SKD62
52	Electrovanne 1/2"
53	Vannes motorisées à 3 voies, inox, 2", Trimatic
70	Echangeur de chaleur, Guntner LA14x40
71	Taco-mètre, AV 23, By-pass SD, 11/4", plage 20-70 l/min
72	Epurateur à tamis, 2"
73	Circulateur, EMB-TOP-S 30/7
74	Epurateur à tamis, 11/4"
75	Vanne motorisée à 2 voies, Siemens MXG461B15-1.5
99	Machine Sortech
100	Débit-mètre, Krohne pour ECS

101	Electrovanne soutirage ECS
T9	Thermocouple type k, Température ambiante laboratoire
T14	PT100, 4 fils, Sortie Sortech, circuit MT
T15	PT100, 4 fils, Entrée Sortech, circuit MT
T16	PT100, 4 fils, Avant vanne mélangeuse
T17	Thermocouple type k, Sortie échangeur, circuit primaire
T18	Thermocouple type k, Entrée échangeur, circuit primaire
T19	Thermocouple type k, Entrée échangeur, circuit secondaire
T20	Thermocouple type k, Sortie échangeur, circuit secondaire
T21	Thermocouple type k, Alimentation spray, S133
T22	Sonde d'humidité, Rotronic, Hygroclip S3 et de température
T23	Thermocouple type k, Air entrée recool, Extérieur, S133
T25	Thermocouple type k, Entrée recool
T26	Thermocouple type k, Sortie recool
T27	Thermocouple type k, Entrée Arpège
T28	Thermocouple type k, Sortie Arpège
T32	Thermocouple type k, ARPEGE EF
T33	Thermocouple type k, ARPEGE EF
T34	Thermocouple type k, ARPEGE EF
T40	PT100, 4 fils, Sonde régulation vanne 3 voies/échangeur
A1	Thermocouple type k, Arpège 1 - HAUT
A2	Thermocouple type k, Arpège 2 - Milieu Haut
A3	Thermocouple type k, Arpège 3 - Milieu BAS
A4	Thermocouple type k, Arpège 4 - BAS
P1	Puissance électrique ventilateur recool

FIGURE 23 : SCHEMA DE PRINCIPE DE CIRCUIT MT AVEC COMPOSANTS

Le recoolant a été placé sur l'une des toitures du bâtiment St-Roch. La toiture a été modifiée pour être accessible et pour pouvoir recevoir les installations du LESBAT. Ces modifications ont été prises en charge par la HEIG-VD. Les conduites allant du recoolant à la machine à adsorption ont été tirées sur une cinquantaine de mètres entre la toiture et le laboratoire du LESBAT comme le montre la Figure 24.

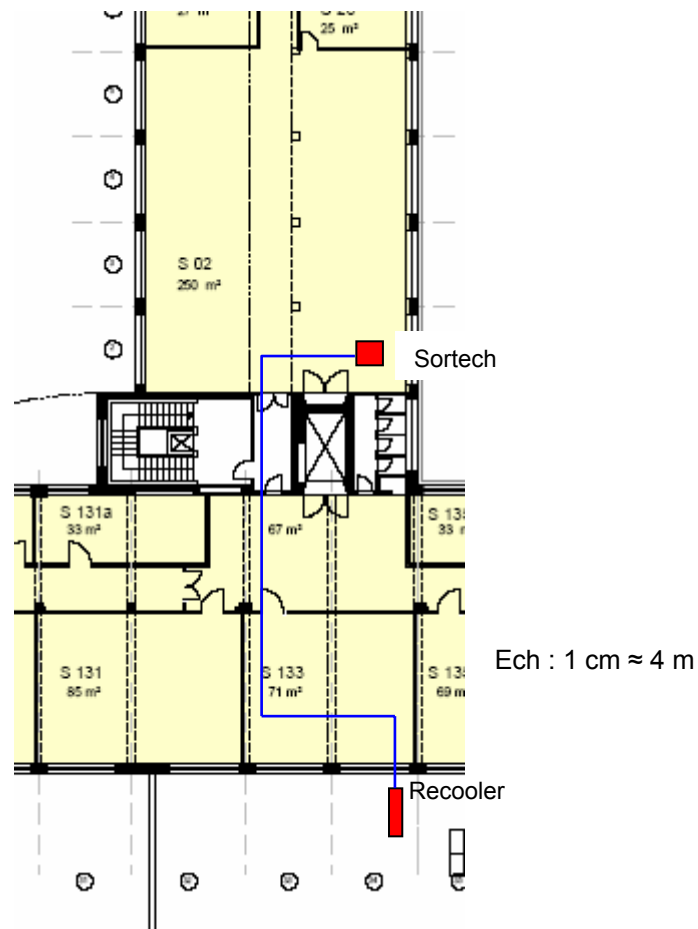


FIGURE 24 : VUE DE SITUATION DE L'ALIMENTATION DU RECOOLER



FIGURE 25 : RECOOLER



FIGURE 26 : ALIMENTATION DU RECOOLER DANS LE LOCAL S133 ET TABLEAU D'ACQUISITION DES SONDES SITUÉES À L'EXTÉRIEUR

Afin de garantir une température constante de refroidissement à la sortie de recool, un échangeur à plaques est installé sur ce circuit. Le côté secondaire de l'échangeur est alimenté par l'eau du réseau. Signalons que le recool possède une rampe de buses de sprayage afin de pouvoir refroidir encore plus le fluide durant les périodes estivales, si nécessaire.

Un combi-système "Arpège" est installé sur ce circuit (Figure 27). Ce raccordement permettra d'évaluer l'intérêt d'un refroidissement des réacteurs de la machine Sortech par l'eau froide se trouvant dans le bas de la cuve du combi-système. N'ayant pas de raccordement gaz dans le bâtiment à St-Roch, le brûleur d'Arpège a été remplacé par des corps de chauffe électriques d'une puissance de 20 kW.

Un système de vannes permet de tester plusieurs configurations d'alimentation de l'échangeur d'Arpège et de tester différents ordres d'alimentation comme décrit sous 1.1 :



FIGURE 27 : COMBI-SYSTEME ARPEGE

2 Mise en service de l'installation

L'installation a été mise en service durant les semaines 42 à 44 (remplissage, vérification de fonctionnement). La machine Sortech, quant à elle a été mise en service le lundi 3 novembre 2008 par un technicien de la maison Sortech.

2.1 HYDRAULIQUE ET INSTALLATION

Les vases d'expansion ont été gonflés à 0.65 bar (à vide). Après remplissage, les circuits sont à une pression comprise entre 1.5 et 2 bars. Lors du remplissage, seules quelques fuites sont apparues au niveau de quelques vis de rappel, un meilleur serrage a permis de résorber ces fuites. Après deux semaines de mise en pression du circuit, deux purgeurs automatiques (circuit MT) se sont mis à couler. Ceux-ci ont été remplacés, car ils étaient défectueux.

Lors de la mise en route des circulateurs, il s'est avéré que les débits calculés n'étaient pas atteints. Nous avons procédé à différentes modifications afin de diminuer les pertes de charge (remplacement de tuyaux flexible par des tuyaux lisses). A la suite de ces changements, les valeurs obtenues sont résumées dans le tableau de la Figure 28.

	Circuit LT	Circuit MT	Circuit HT principal		Circuit HT cuve
			Avec cuve	Sans cuve	
Calculé	1'600 l/h	2'700 l/h	1'000 l/h	1000 l/h	1'000 l/h
Mesuré	1'700 l/h	2'500 l/h	950 l/h	860 l/h	630 l/h

FIGURE 28 : DEBITS MESURES VS DEBITS CALCULES

Nous constatons que les deux circulateurs du groupe HT présentent des débits bien inférieurs aux débits nominaux. Après différents contacts avec le fournisseur des circulateurs, nous avons constaté que le circulateur du circuit cuve ne correspondait pas aux courbes annoncées par le fabricant. Nous avons opté pour changer ces deux circulateurs afin d'atteindre les débits nominaux, ce qui est actuellement le cas. Le tableau de la figure suivante donne les nouveaux types de circulateurs installés ainsi que les débits obtenus :

	Avant modification	Après modification
Circulateur HT principal (8)	EMB RS 30/6	EMB TOP S 30/10
Circulateur HT cuve (16)	EMB RS 30/2	EMB RS 30/6

	Circuit HT principal		Circuit HT cuve
	Avec cuve	Sans cuve	
Calculé	1'000 l/h	1000 l/h	1'000 l/h
Mesuré	1'000 l/h	1'000 l/h	1'000 l/h

FIGURE 29 : CIRCULATEURS CIRCUITS HT AVANT ET APRES MODIFICATION

Au niveau électrique, le seul problème rencontré concerne le régulateur de fréquence installé sur le circulateur du circuit MT. En effet, la technologie choisie ne convient pas à un moteur fonctionnant en courant triphasé. Nous avons commandé un nouveau variateur de fréquence.

2.2 CORPS DE CHAUFFE ELECTRIQUE

La gestion des corps de chauffe est montrée dans la figure suivante :

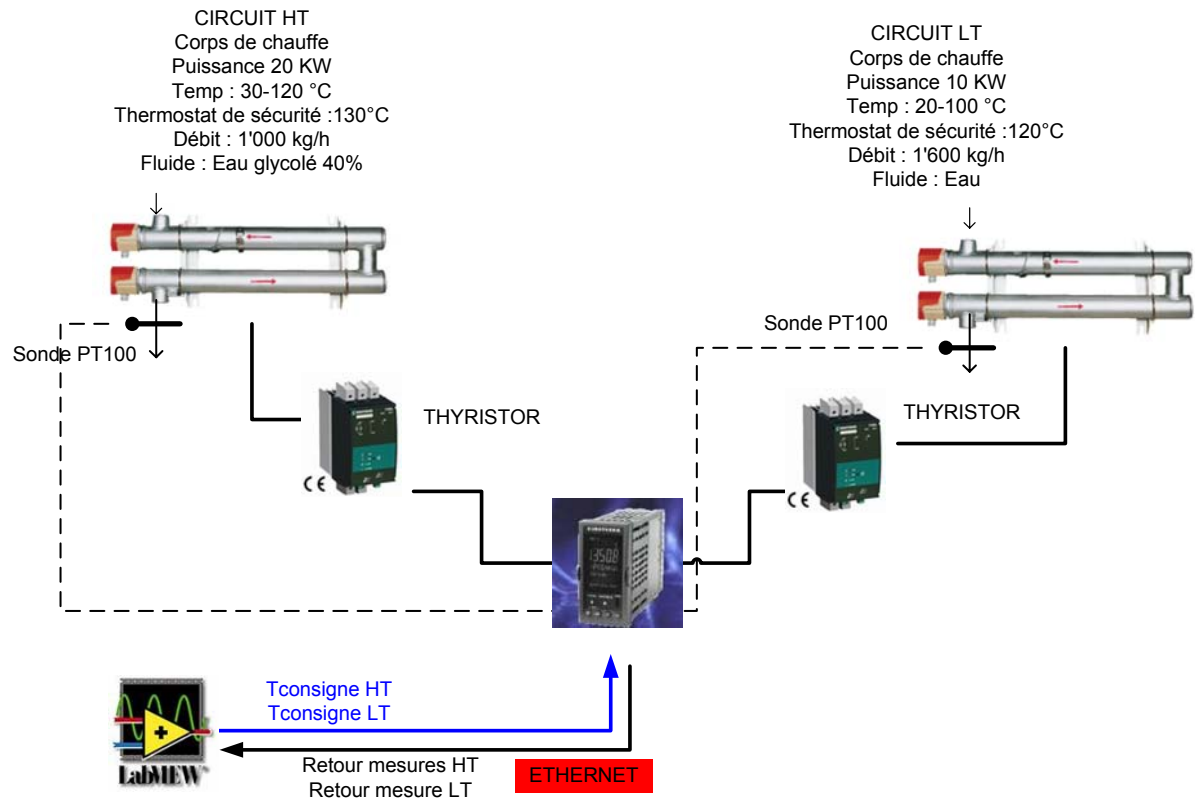


FIGURE 30 : CHAÎNE DE COMMANDE DES CORPS DE CHAUFFE

Les thyristors associés à la régulation permettent de contrôler la température de sortie des corps de chauffe. Trnsys génère chaque minute une température de consigne, celle-ci est transmise au régulateur via le programme de gestion Labview. Ce régulateur envoie un signal au thyristor qui commande les corps de chauffe.

Les premiers essais montrent que la chaîne est fonctionnelle, cependant, les paramètres du régulateurs (bande proportionnelle, temps de dérivation, d'intégration...) ne sont pas optimaux, le temps de réponse est trop long (Figure 31). Par exemple, il a fallu près 1h30 pour atteindre la consigne de 40°C sur l'émulateur LT lors de l'essai montré dans la figure ci-dessous.

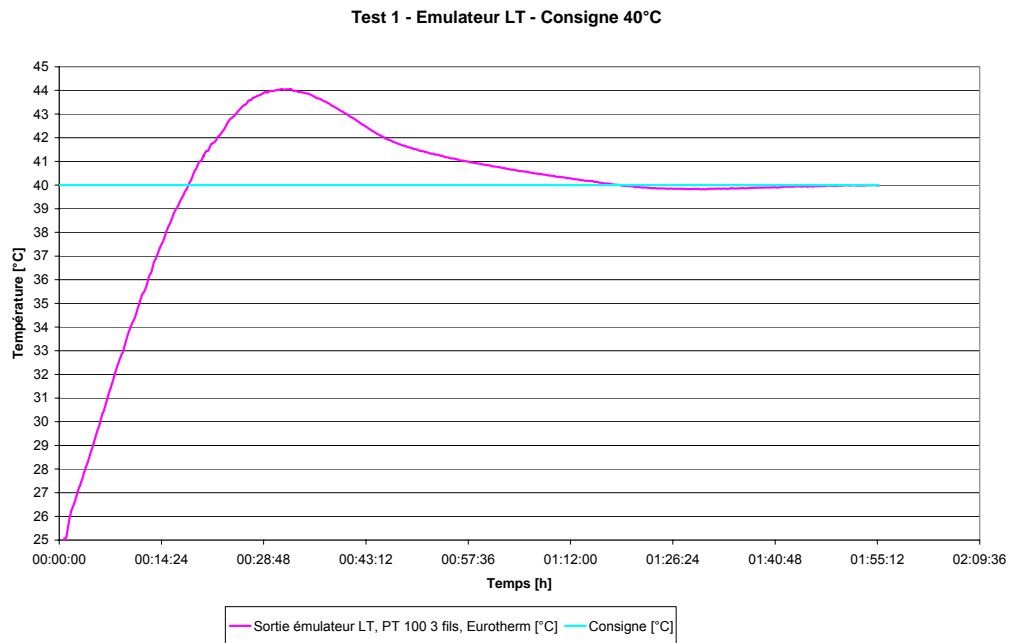


FIGURE 31 : TEMPS DE REPONSE CORPS DE CHAUFFE LT – CONSIGNE 40°C – MACHINE SORTECH HORS FONCTION

Un deuxième test a été fait, cette fois-ci avec la machine Sortech en fonction. Nous constatons sur la Figure 32 que la température de consigne (75°C) n'est pas atteinte.

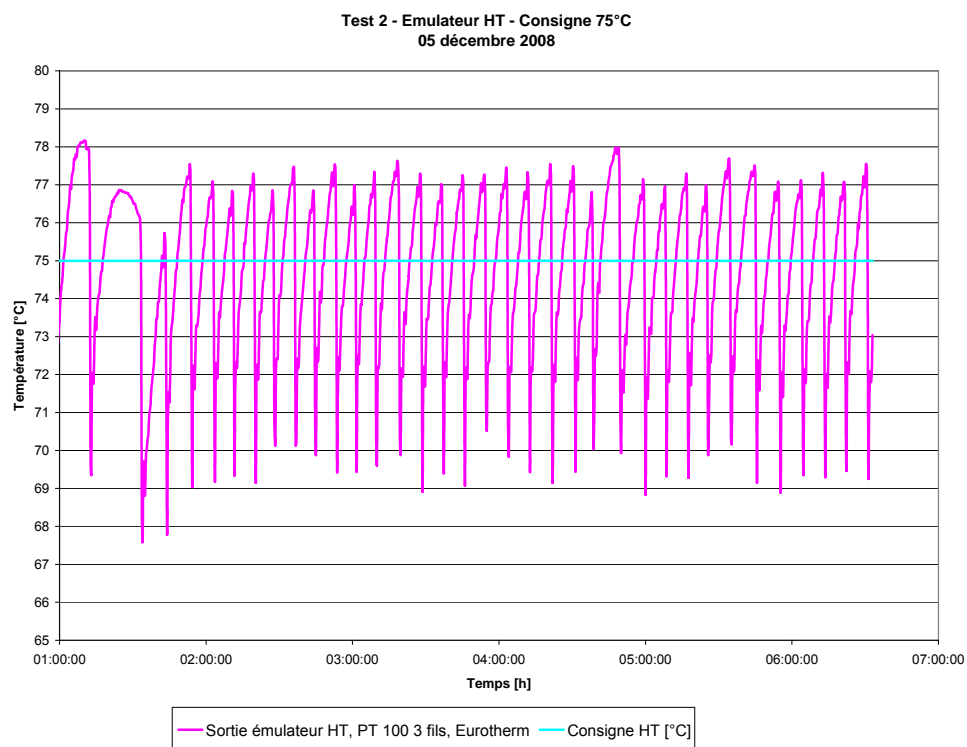


FIGURE 32 : TEMPS DE REPONSE CORPS DE CHAUFFE HT – CONSIGNE 75°C – MACHINE SORTECH EN FONCTION

Les premiers travaux de 2009 consisteront à paramétrer ce régulateur pour obtenir des réponses adéquates.

2.3 TEST DE LA MACHINE SORTECH

La machine Sortech a été mise en service avec l'aide de l'entreprise Sortech selon un protocole bien déterminé. Le seul paramètre d'usine qui a été modifié est la température de sécurité du circuit HT. Celle-ci a été augmentée de 5 K pour passer de 90°C à 95°C, cette augmentation a été rendue possible car les composants du circuit HT ont été dimensionnés pour tenir à une température de 120°C.

La pression dans la machine Sortech doit se situer aux alentours de 20-25 mbar. Pour ce faire, le technicien de Sortech a refait le vide dans la machine. Après tous les tests du protocole de mise en service effectués, nous avons laissé tourner la machine durant une dizaine d'heure. L'acquisition des 6 températures de sortie de Sortech et des débits de chaque circuit toutes les secondes a permis de montrer le bon fonctionnement de la machine et de l'installation.

La Figure 33 montre l'évolution des températures entrées et sorties de Sortech pour chaque circuit (HT, LT et MT), enregistré durant 1 heure. Ces mesures ont été faites avec les paramètres suivants : $T_{\text{consigne HT}} = 85^{\circ}\text{C}$; $T_{\text{consigne LT}} = 17^{\circ}\text{C}$.

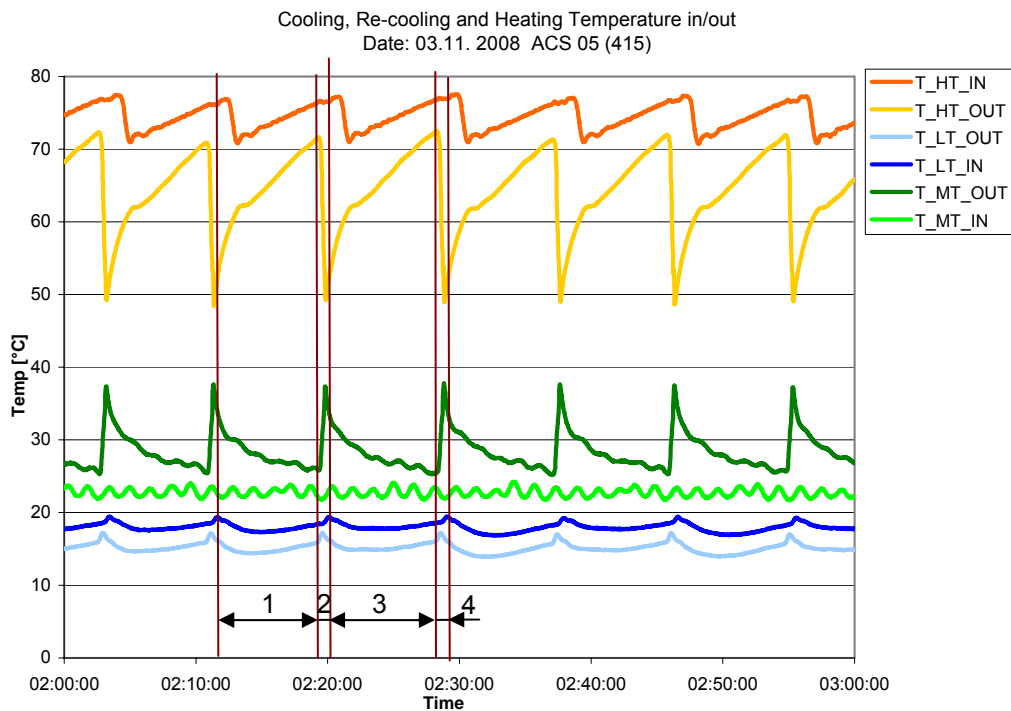


FIGURE 33 : EVOLUTION DES TEMPERATURES AUX ENTREES ET SORTIES DE SORTECH – MISE EN SERVICE – MESURES ENTRE 2H00 ET 3H00

Cet essai a permis de montrer un bilan d'énergie équilibré entre la somme des énergies HT et LT et l'énergie évacuée MT. Ce qui prouve le bon fonctionnement de la machine et du banc de tests.

Ces analyses seront plus détaillées avec les tests à proprement parlé qui auront lieu en 2009.

2.4 RECOOLER

Le recoolier a été branché avec l'option "Freigabe", ce qui veut dire que le recoolier s'auto-régule en fonction de la température de sortie de celui-ci. Les paramètres introduits se trouvent dans l'annexe 3 :

Le recoolier offre la possibilité d'être commandé par une entrée 0-10 V. Cette commande pourra être générée par notre programme de commande Labview. Nous nous laissons la possibilité d'ajouter cette fonctionnalité et de procéder à différents tests comparatifs par la suite pour l'optimisation de l'installation.

3 Description du programme d'acquisition et de gestion

3.1 ACQUISITION

Comme écrit précédemment, l'acquisition est gérée par un programme Labview, dont la chaîne d'acquisition est schématisée dans la Figure 34.

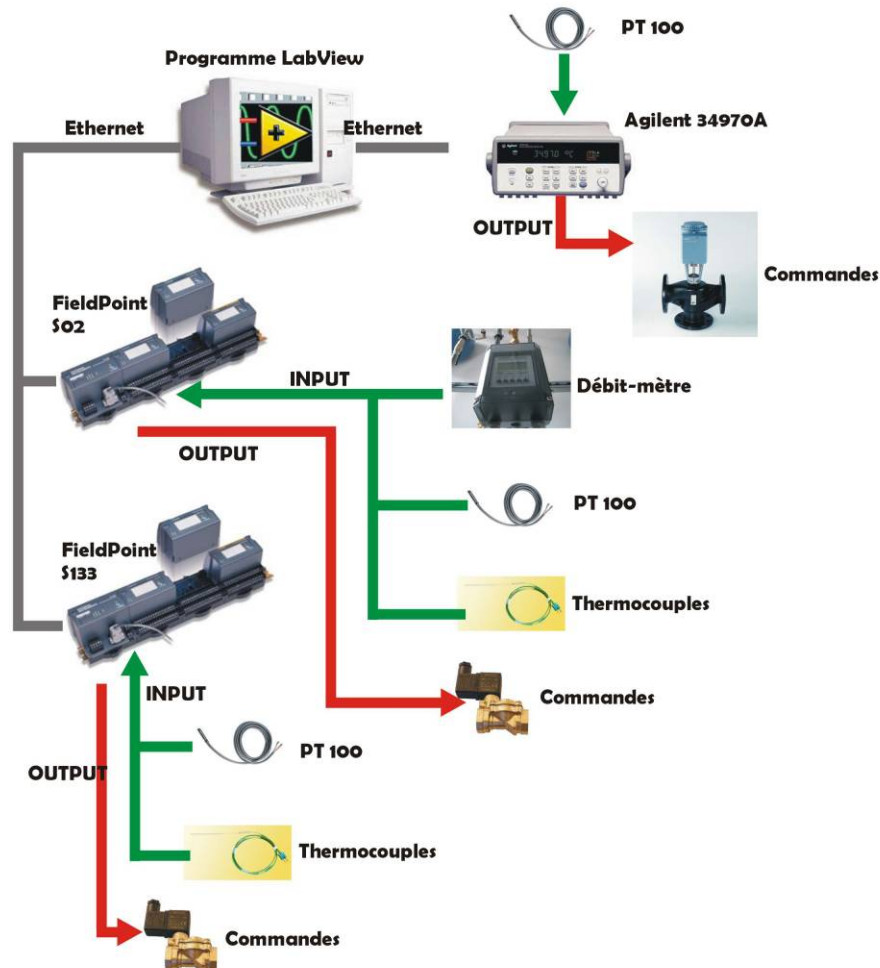


FIGURE 34 : PRINCIPE DE LA CHAÎNE D'ACQUISITION ET DE COMMANDE

La majorité des points de mesures et de commandes se font grâce au système "FIELDPOINT" de National Instrument. Un système principal est situé dans le local de la machine Sortech alors qu'un système de contrôle est situé dans la salle annexe à la toiture où est situé le recool. Ces deux systèmes communiquent avec le cerveau de l'installation par le réseau ethernet de l'Ecole. Un acqui-siteur Agilent 34907A commande l'ouverture et la fermeture des vannes mélangeuses et autres vannes de passage. L'annexe 1 donne le descriptif de ces chaînes.



FIGURE 35 : TABLEAU PRINCIPAL D'ACQUISITION
SITUE EN S02



FIGURE 36 : SOUS-TABLEAU SITUE DANS LA
SALLE ANNEXE A LA TOITURE

La particularité des systèmes Fieldpoint est qu'ils permettent de faire de l'acquisition en continu. Ceci nous permet de faire une acquisition à intervalles souhaités. En fonction des besoins, nous prendrons des mesures toutes les 10 à 30 secondes étant donné que les cycles de la machine Sortech sont relativement courts (entre 5 et 10 minutes).

Les sondes de température sont de deux sortes. Des PT100 (4 fils) pour les mesures de température entrant dans les bilans d'énergie et des thermocouples (type k) pour les mesures de températures indicatives.

Nous avons intégré dans le programme d'acquisition, des boucles permettant de faire des bilans d'énergie sur chaque circuit, toutes les secondes.

La Figure 37 montre l'organigramme du programme de gestion et d'acquisition.

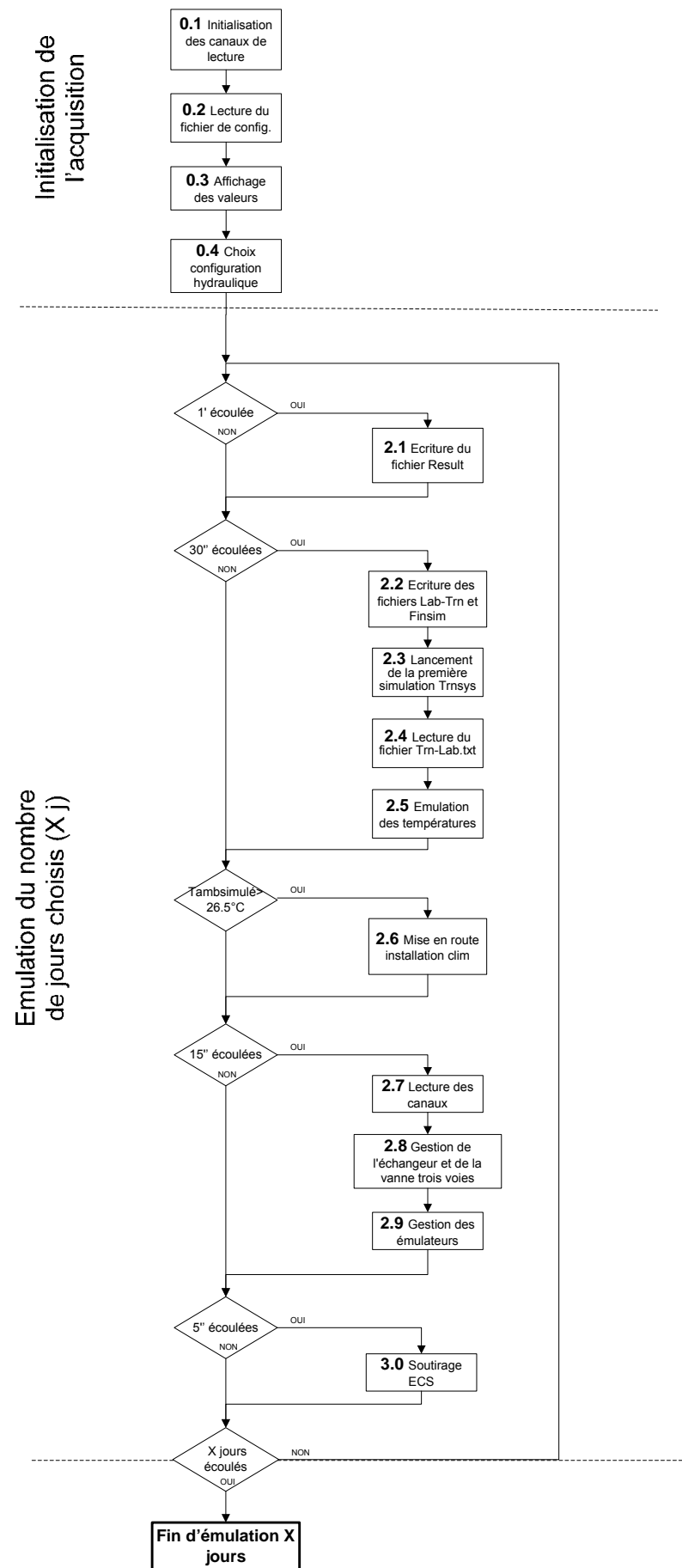


FIGURE 37 : ORGANIGRAMME DU PROGRAMME D'ACQUISITION ET DE GESTION

3.2 GESTION

L'élément maître de la gestion de l'installation est fait par un module Trnsys qui tourne en parallèle dans le programme d'acquisition. Ce module permet de simuler le comportement d'un bâtiment, après en avoir défini un modèle numérique, pour des conditions météorologiques spécifiées. Toutes les minutes, le module Trnsys est lancé, prenant en compte dans son calcul les mesures prises sur l'installation, puis génère de nouvelles consignes. La paramétrisation de ce module n'est, à ce jour pas encore effectuée.

Régulation de la vanne 3 voies, circuit MT (Figure 38) : Une température de consigne est donnée pour la température T16. Un régulateur PID intégré à Labview, modifie l'ouverture de la vanne trois voies (51) pour obtenir la température de consigne sur la sonde T16. Les paramètres du PID n'ont pas encore été établis.

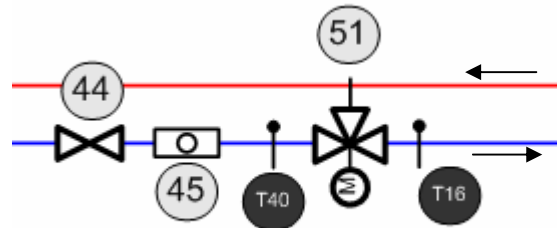


FIGURE 38 : VANNE 3 VOIES – CIRCUIT MT

Régulation de l'échangeur de chaleur, circuit MT (Figure 39) : Rappelons que cet échangeur doit permettre d'obtenir une température définie à l'entrée du circuit MT de Sortech. Cet échangeur vient en complément du recool.

Pour comprendre cette gestion, la définition suivante est nécessaire : $T40 = (T16 - \Delta T)$. Le ΔT pouvant être choisi par l'utilisateur.

Une première vérification est faite : si $T26 < T40$, l'échangeur est en mode OFF

si $T26 \geq T40$, l'échangeur est en mode ON

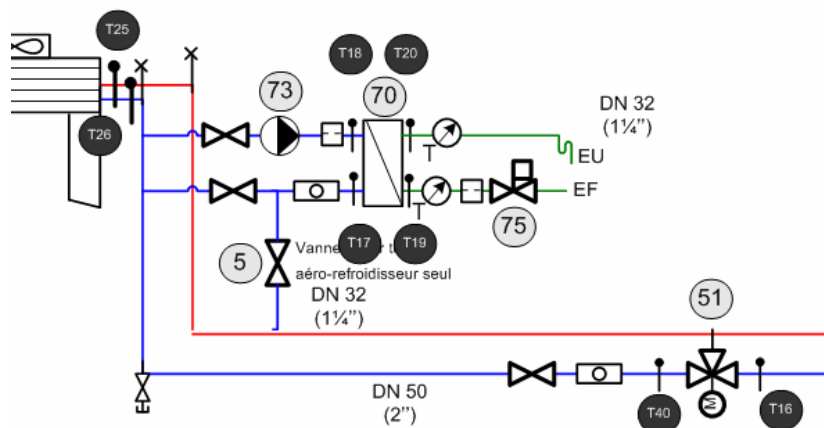


FIGURE 39 : ECHANGEUR DE CHALEUR – CIRCUIT MT

Dans le cas où l'échangeur est en mode ON, alors la vanne 75 est soumise à un régulateur PID intégré dans Labview, qui va comparer la température T40 à la consigne T40*, définie comme $T16^*(\text{consigne}) - \Delta T$. Cette façon de faire simplifie la gestion de la vanne mélangeuse à 3 voies (51).

Gestion du combi-système Arpège (soutirages) : Les soutirages sanitaires sont définis dans le fichier de configuration introduit dans le programme de gestion.

Régulation de Sortech (définition de ON/OFF) : Lorsque la température dans le bâtiment sera supérieure à 26.5°C et que le stock soit à une température suffisante, la machine Sortech aura la permission de refroidir le bâtiment.

Gestion des vannes de passage 3 voies, circuit MT : Pour l'instant, la position de ces vannes est définie avant le début du test. L'utilisateur choisit le type de raccordement (Sortech-Recooler, Sortech-Arpège, etc..) et les vannes sont positionnées. La vitesse d'ouverture de ces vannes nous permettra de changer de configuration en cours de tests, ceci en particulier lors des tests avec le combi-système Arpège.

4 Détermination des tests à effectuer sur le stand

Nous avons projeté d'effectuer les tests suivants sur notre installation.

- 1) Dans un premier temps, nous testerons les performances nominales de l'installation afin de vérifier les courbes de performances transmises par Sortech (Figure 40). Cette première étape devrait également nous permettre de valider le banc de tests. Ce test servira également à vérifier la reproductibilité du stand de mesures. La durée de ce test sera comprise entre 6 et 10 jours.

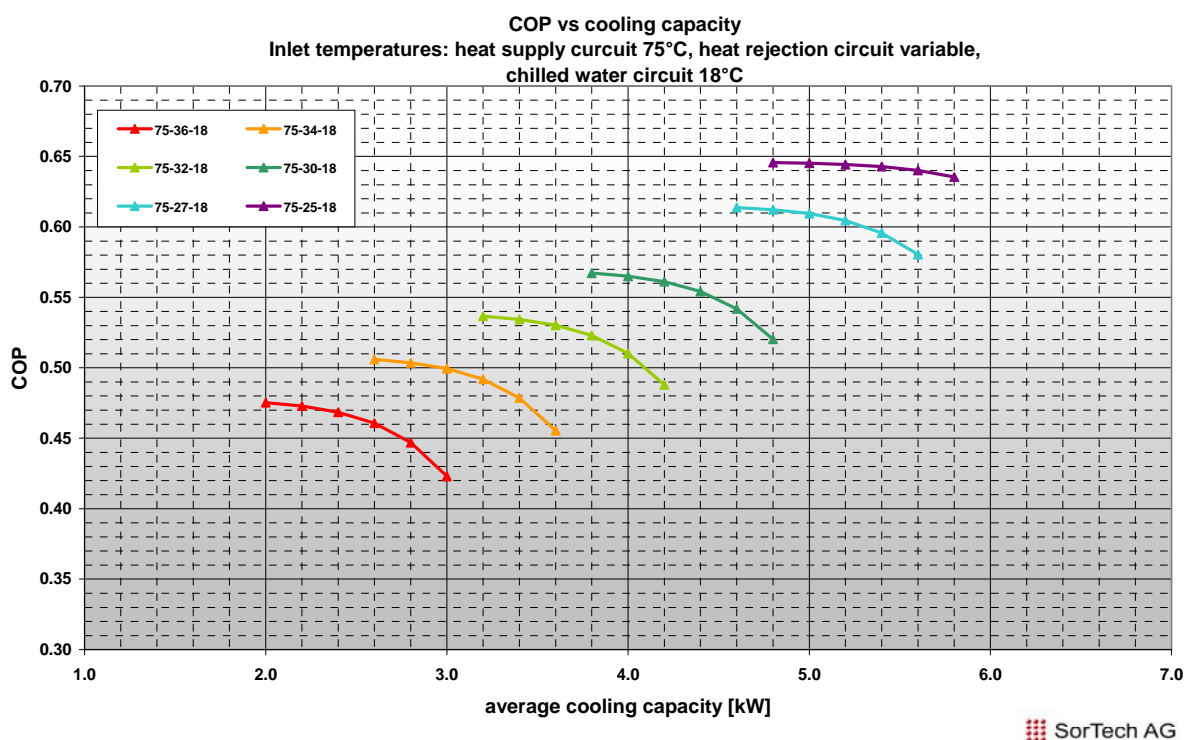


FIGURE 40 : PERFORMANCES DONNEES PAR SORTECH POUR DES CONDITIONS NOMINALES

- 2) La seconde série de tests permettra de vérifier les différentes configurations mentionnées dans le tableau de la Figure 41.

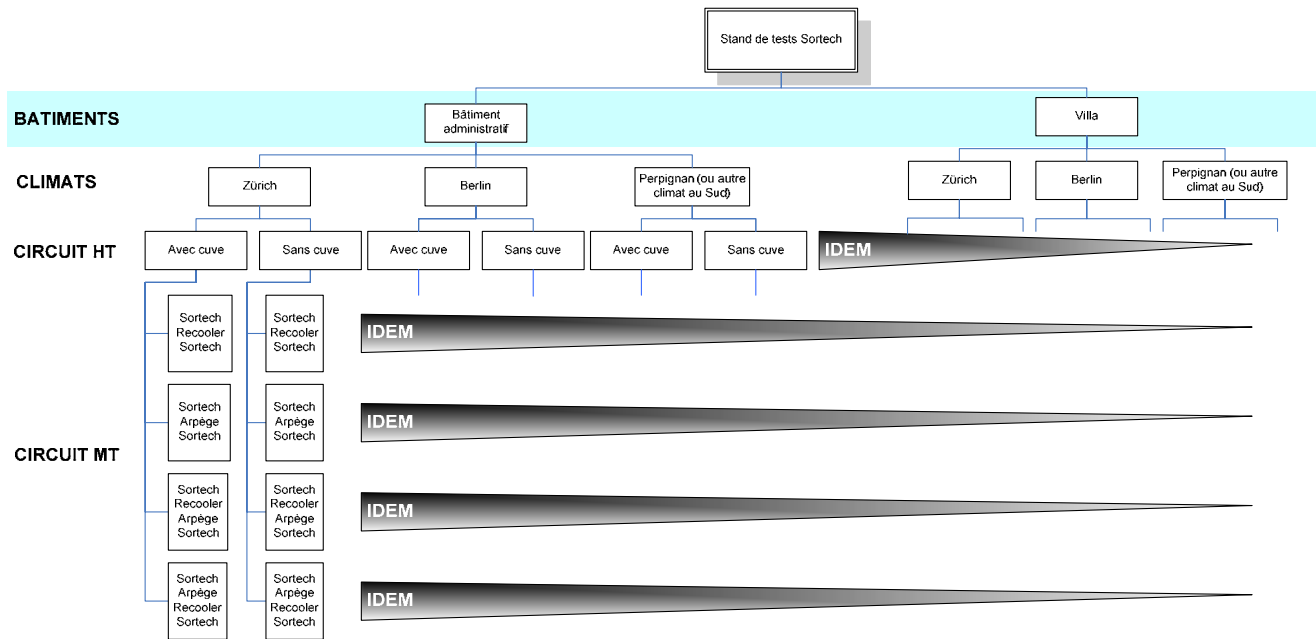


FIGURE 41 : TABLEAU RECAPITULATIF DES MESURES PREVUES SUR LE STAND DE TESTS

Nous avons choisi trois climats, un climat européen du nord (Berlin), un climat continental (Zürich) et un climat méditerranéen (Perpignan). Ce dernier climat est susceptible d'être modifié en fonction des collaborations entreprises avec d'autres équipes de la Tâche 38.

Nous constatons que le nombre de combinaisons possible est très élevé (48). Nous n'aurons pas le temps de tester toutes ces configurations. Dans un premier temps, le modèle numérique de la machine Sortech sera comparé aux mesures effectuées sur le banc de tests. Si les résultats sont concluants, toutes les configurations seront simulées et seules les configurations les plus pertinentes seront mesurées sur le stand.

5 Analyse du cycle de vie (ACV) de l'installation de tests

5.1 OBJECTIF DE L'ETUDE

Dans le cadre de la sous-tâche D de la tâche 38 de l'Agence Internationale de l'Energie (AIE) décrit plus haut, l'installation Sortech est analysée au niveau des impacts environnementaux des matériaux et de l'énergie d'appoint. La méthodologie appliquée dans cette étude est conforme aux normes ISO 14'040 et suivantes [7].

L'analyse de l'installation du banc de test permettra de déterminer les impacts environnementaux de composants standards (vanne, échangeur, circulateur, vase d'expansion, etc.) qu'on trouve sur les installations solaires. Par contre, le système d'acquisition ne sera pas compris dans cette analyse.

Dans un deuxième temps (2009), nous adapterons ce calcul à une installation réelle installée dans un bâtiment déterminé. Les dimensions de l'installation devront être retravaillées afin de tenir compte des contraintes liées au bâtiment considéré. Cette deuxième étape permettra de faire une comparaison des valeurs d'impacts obtenues avec celles calculées pour une installation de climatisation traditionnelle (système à compression).

L'étude présentée ci-dessous se découpe de la manière suivante :

1. Composition des matériaux regroupés en quatre groupes (cf. chap 1.4) :

- Machine Sortech
- Circuit LT
- Circuit HT
- Circuit MT

Les composants qui sont regroupés dans chaque groupe, correspondent aux éléments définis dans la Figure 14.

2. La masse de chaque matériau

L'étude doit encore définir les points suivants :

3. La distance depuis le fournisseur et le nombre de livraison/fournisseur
4. La phase d'utilisation de l'installation (énergie sur la durée de vie de l'installation (à déterminer))
5. L'élimination de chaque matériau (décharge/recyclage/incinération)

Les points 3 à 5 seront traités en 2009, lorsque le montage sera définitif et après avoir caractérisé l'installation par des mesures.

5.2 CHAMP DE L'ETUDE

5.2.1 Fonction du produit

La fonction de cette installation est de produire du froid grâce au couplage d'une installation solaire thermique à une machine de climatisation à adsorption. Ce froid pourra être utilisé pour refroidir un bâtiment.

5.2.2 Unité fonctionnelle

L'unité fonctionnelle utilisée dans cette analyse est : "l'énergie de climatisation produite par année".

5.2.3 Limites du système

Le cycle de vie de l'installation étudié peut se décomposer selon les phases schématisées dans la Figure 42 :

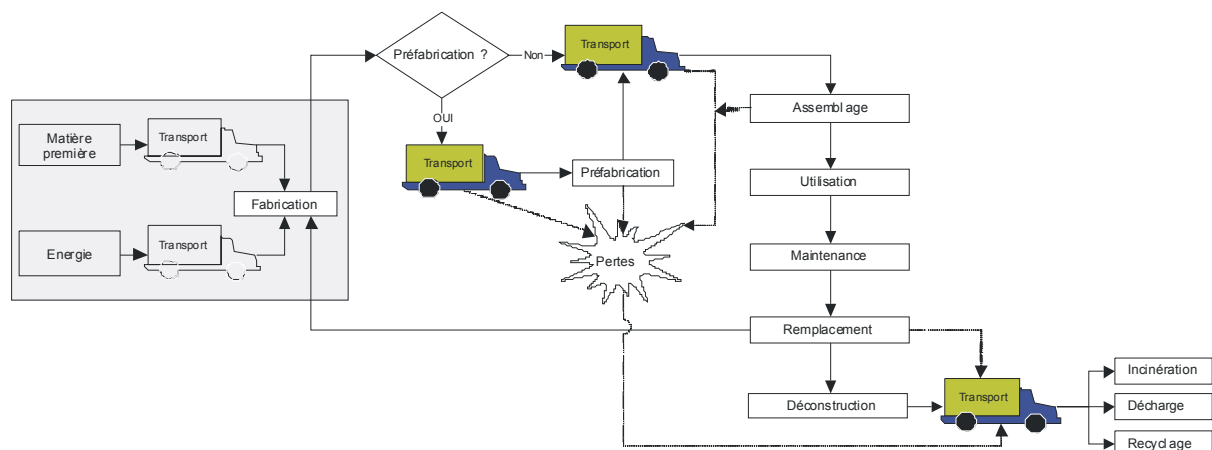


FIGURE 42 : FRONTIERES DU SYSTEME

Dans le cadre de cette étude, seules les phases suivantes ont été retenues, car les autres ont des impacts négligeables:

- Fabrication de matériaux (déterminé dans ce rapport sur l'installation de laboratoire)
- Transport des matériaux
- Consommation d'énergie d'appoint
- Élimination des matériaux

Les limites du système tiennent compte des masses des matériaux utilisés pour chaque composant (ceci comprend l'extraction des matières premières et leur transport à la fabrique de transformation), des transports depuis le fournisseur des composants au site de montage de l'installation et ensuite aux sites d'élimination, de la consommation de l'énergie d'appoint durant toute la phase d'utilisation et de l'élimination de tous les matériaux. Dans cette étude, il n'est pas tenu compte des phases de pré-fabrication, des infrastructures des bâtiments dans lequel se trouve l'installation et des pertes.

5.2.4 Base de données

Les données de base concernant les matériaux constituant les différents composants de l'installation à analyser ont soit été :

- fournies par les fournisseurs des différents composants de l'installation, soit
- déterminées au LESBAT, lorsque les données étaient manquantes.

Toutes les valeurs d'impacts proviennent de la base de données ECOINVENT [9].

Le calcul de l'écobilan a été effectué avec l'aide du logiciel ECO-BAT [10], dont la base de données a été complétée pour les besoins de ce projet.

5.2.5 Informations de base nécessaires pour l'écobilan

Les informations nécessaires à l'établissement de l'écobilan de l'installation concernent :

- Les matériaux composants les quatre groupes de l'installation (2008)
- La masse de chaque matériau (2008)
- La distance parcourue depuis le fournisseur jusqu'à l'installation (2009)
- Le type de transport utilisé (2009)
- Calcul des besoins et du gain en énergie (2009)
- Le type d'élimination (2009)

Les années entre parenthèses indiquent si les composants ont déjà été étudiés (2008) ou le seront l'année prochaine (2009).

5.2.6 Données sur les matériaux

La détermination des masses des composants a été faite selon plusieurs méthodes :

- Valeurs fournies par les fournisseurs
- Démontage de certains composants (vannes à billes, circulateurs, etc.) (composants défectueux fournis par les fournisseurs)
- Pesage des composants constitué d'un seul matériau.
- Pour les composants de l'installation non démontable, des hypothèses ont été faites concernant la distribution des masses des différents matériaux.

Pour les matières plastiques, une hypothèse a été posée en les regroupant tous sous du polyéthylène haute densité. En effet, les impacts des polymères sont relativement proches les uns des autres. De plus, pour certains composants, le type de plastique n'a pas pu être défini, mais il s'agit en grande majorité de plastiques durs.

Pour ce qui est de l'électronique se trouvant dans les différents composants de l'installation, elle a été considérée comme étant du plastique. En effet, ces systèmes sont principalement montés sur des supports en plastique. Cependant, lors de l'étude complète, ces composants seront analysés plus spécifiquement quand à leurs impacts réels.

Le tableau électrique, ses composants et les raccordements (câblage), ainsi que le système d'acquisition (acquisiteurs et sondes) n'ont pas été pris en compte dans ce rapport. Ils seront traités en 2009.

5.3 COMPOSITION DES GROUPES

L'analyse de l'installation est découpée par circuit comme le montre la Figure 43.

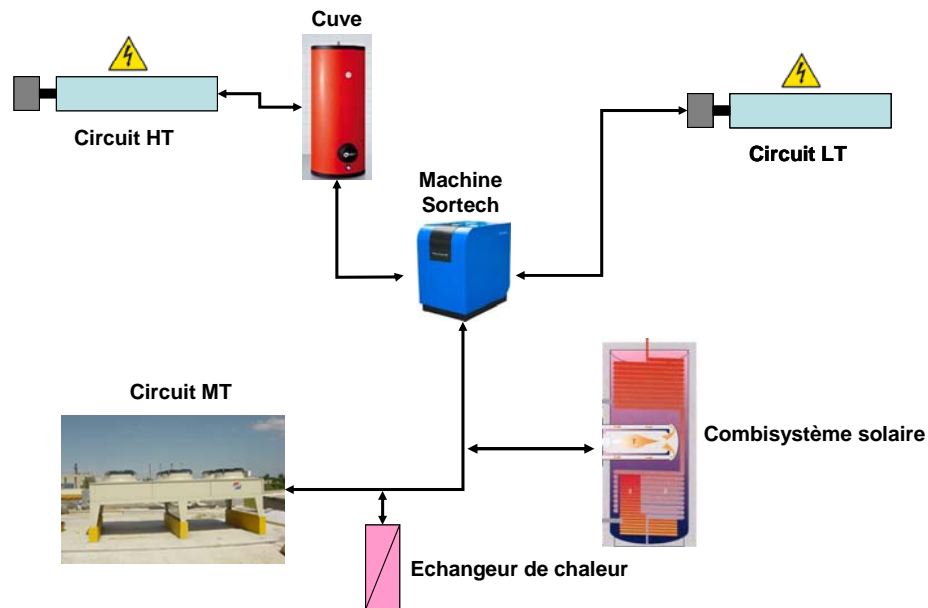


FIGURE 43 : SCHEMA SIMPLIFIE DE L'INSTALLATION SORTECH

5.3.1 Machine Sortech

Les composants de la machine Sortech ont été triés par matériau, mais ces derniers ne seront pas dévoilés afin de respecter la demande du fabricant. Pour ce faire, les impacts calculés seront représentés par une seule valeur comme étant une boîte noire.

5.3.2 Circuit HT (circuit solaire)

Les composants du circuit solaire sont décrits dans la Figure 15. Les matériaux des composants (vannes, circulateurs, soupapes, etc.) ont été calculés séparément, puis regroupés par matériaux. Le réseau hydraulique est en acier inoxydable (identique pour chaque groupe). Il s'agit de la plus grosse masse de ce circuit.

Les différentes parties de l'installation inclus dans ce groupe sont :

- L'émulateur solaire (2 corps de chauffe)
- La cuve de stockage de 300 l
- Les armatures (vannes, soupapes, circulateurs, etc...)
- Le réseau hydraulique et les raccords

Le tableau suivant donne la liste des matériaux et leur masse pour le circuit HT.

Matériaux	Masse [kg]
Acier inoxydable	354.565
Acier	25.405
Laiton	18.267
Mousse de polyuréthane expansé	12.800
Fonte	8.702
Plastique (PEHD)	1.876
Alliage de nickel-fer-chrome	1.600
Aluminium	1.417
Cuivre	0.538
Caoutchouc	0.055
PVC	0.026

FIGURE 44 : MATERIAUX ET MASSE - CIRCUIT HT

Dans une installation réelle, les corps de chauffe sont remplacés par des panneaux solaires thermiques.

5.3.3 Circuit LT (distribution de froid, bâtiment)

Ce circuit, le plus petit de l'installation, est décrit dans la Figure 18. Il est constitué des éléments suivants :

- L'émulateur bâtiment (1 corps de chauffe)
- Les armatures (vannes, soupapes, circulateurs, etc...)
- Le réseau hydraulique et les raccords

Le tableau suivant donne la liste des matériaux et leur masse pour le circuit LT.

Matériaux	Masse [kg]
Acier inoxydable	25.524
Laiton	8.278
Fonte	5.364
Acier	4.569
Caoutchouc	2.123
Alliage de nickel-fer-chrome	1.600
Aluminium	0.735
Plastique (PEHD)	0.733
Cuivre	0.373
Polyamide	0.202
Polystyrène expansé	0.055
PVC	0.032
Bronze	0.005

FIGURE 45 : MATERIAUX ET MASSE - CIRCUIT LT

L'acier inoxydable représente la plus grosse masse de ce circuit.

Dans l'installation réelle qui sera étudié en 2009, le corps de chauffe sera remplacé par le bâtiment. Par contre les autres composants restent inchangés.

5.3.4 Circuit MT (Recooler)

Ce circuit est décrit dans la Figure 23 . Les données de la cuve Arpège ont été reprises d'un travail précédemment fait au LESBAT. Les éléments principaux de ce circuit sont :

- Le recool (deux ventilateurs entourés d'une structure métallique en acier principalement et en aluminium)
- Arpège (cuve d'eau chaude sanitaire)
- Les armatures (vannes, soupapes, circulateurs, etc...)
- Le réseau hydraulique et les raccords

Le tableau suivant donne la liste des matériaux et leur masse pour le circuit MT.

Matériau	Masse [kg]
Acier	440.072
Acier inoxydable	357.286
Aluminium	75.958
Cuivre	67.536
Plastique (PEHD)	52.127
Laiton	36.329
Fonte	25.830
Propylène glycol	23.421
Polyfluorure de vinylidène	10.355
Mélamine	4.830
Peinture	2.500
Gravier	2.000
Mousse de PE	1.764
Laine de verre	1.272
PVC	1.175
Bronze	1.143
Polyamide	0.202
Caoutchouc	0.116
Polystyrène expansé	0.055

FIGURE 46 : MATERIAUX ET MASSE - CIRCUIT MT

Le recool et la cuve Arpège comprennent beaucoup d'acier. Il en va de même pour l'acier inoxydable qui constitue la conduite d'environ 50 m reliant la machine Sortech au recool.

5.4 ELEMENTS ET RESULTATS

5.4.1 Les indicateurs

Comme défini plus haut, seul les résultats des impacts dus à la fabrication des matériaux sont pris en compte dans cette partie du travail. Le reste de l'analyse sera effectué en 2009, lorsque les performances de la machines Sortech seront connues avec plus de précision.

Les indicateurs d'impacts retenus pour cette analyse sont :

- Les gaz à effet de serre (GWP) en kg CO₂-eq
- Les énergies non-renouvelables (NRE) que sont le nucléaire et le fossile en MJ-eq (données mondiales)
- Le potentiel d'acidification (AP) en Europe en kg SO₂-eq
- L'écopoints (UBP ou unité de charge écologique)

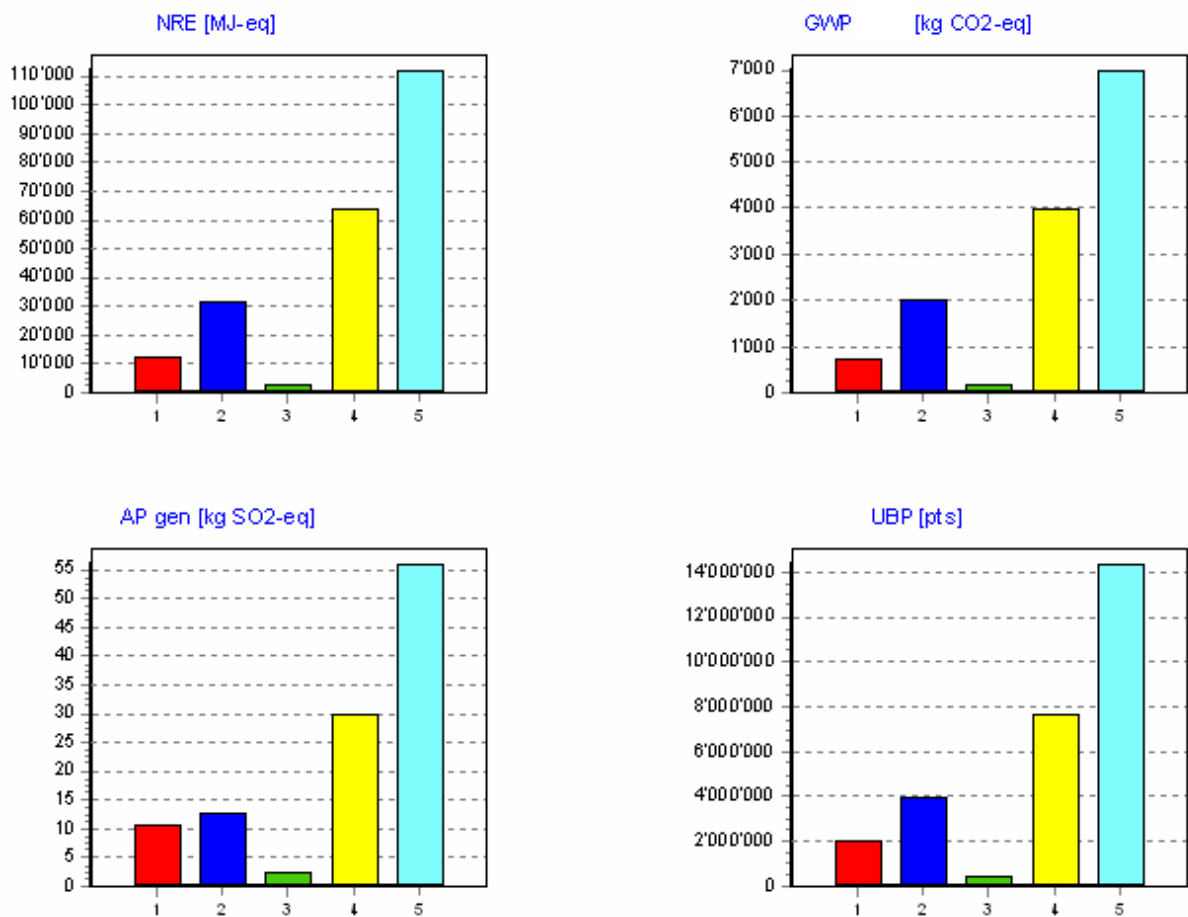
L'indicateur UBP est un indicateur qui regroupe plusieurs indicateurs de base. Bien que cette méthodologie ne soit pas reconnue au niveau international, nous l'avons retenue dans cette étude car elle est développée en Suisse et soutenue par la Confédération Suisse.

5.4.2 Analyse des résultats

Les Figure 47 et Figure 48 montrent les résultats des impacts totaux de notre installation de laboratoire.

Eléments	GWP [kg CO ₂ -eq]	NRE [MJ-eq]	AP [kg SO ₂ -eq]	UBP [pts]
Sortech	756	12'514	10.787	2'127'847
Circuit HT	2'046	31'865	12.776	4'051'091
Circuit LT	195	3'127	2.464	488'050
Circuit MT	4'009	64'324	30.163	70720'333
Total	7'006	111'830	56.189	14'387'321

FIGURE 47 : IMPACTS TOTAUX POUR L'INSTALLATION SORTECH SUIVANT CHAQUE INDICATEUR



Source ECO-BAT : 1 Sortech, 2 circuit HT, 3 circuit LT, 4 circuit MT, 5 total

FIGURE 48 : GRAPHIQUES REPRESENTANT CHAQUE CIRCUIT COMPARE AVEC LE TOTAL DE CHAQUE IMPACT

Les figures suivantes (Figure 49 à Figure 52) montrent pour chaque indicateur la répartition des impacts entre les différents matériaux.

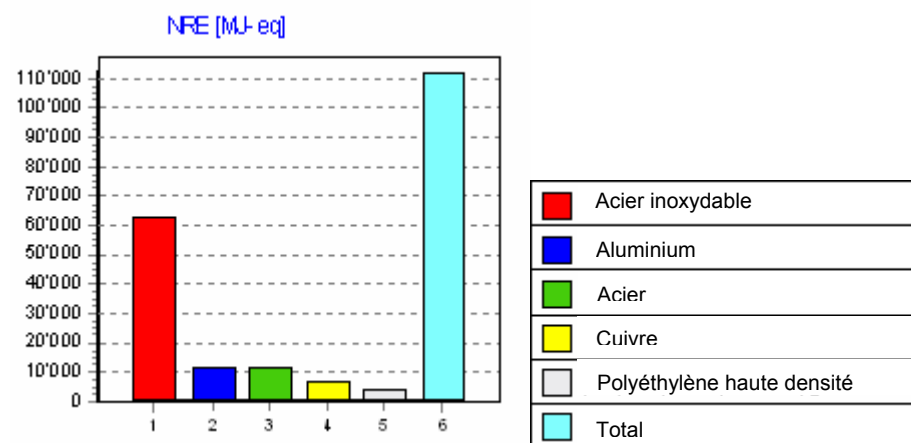


FIGURE 49 : LES 5 MATERIAUX AYANT LE PLUS D'IMPACTS D'ENERGIE NON RENOUVELABLE

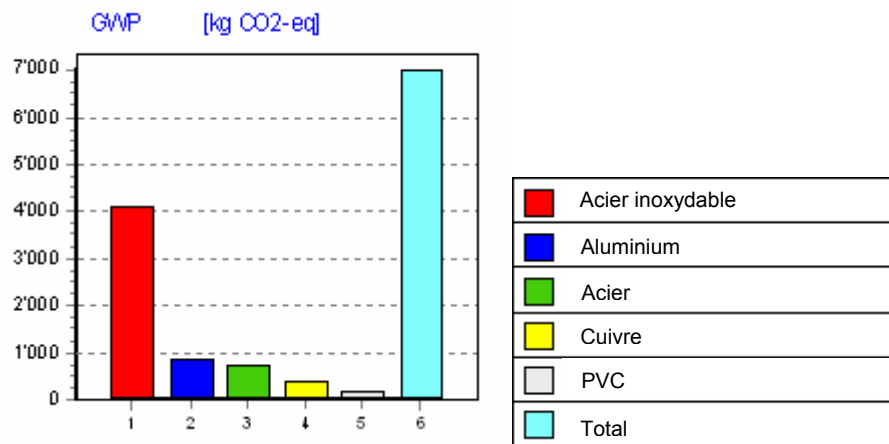


FIGURE 50 : LES 5 MATERIAUX AYANT LE PLUS D'IMPACTS DE GAZ A EFFET DE SERRE

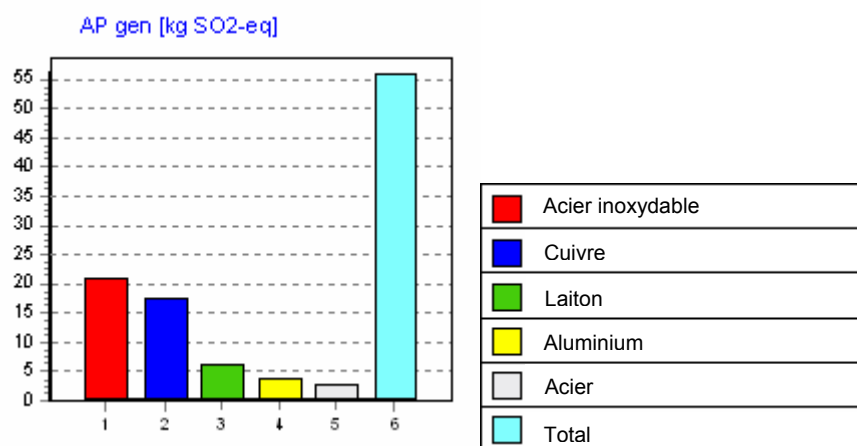


FIGURE 51 : LES 5 MATERIAUX AYANT LE PLUS D'IMPACTS DE POTENTIEL D'ACIDIFICATION

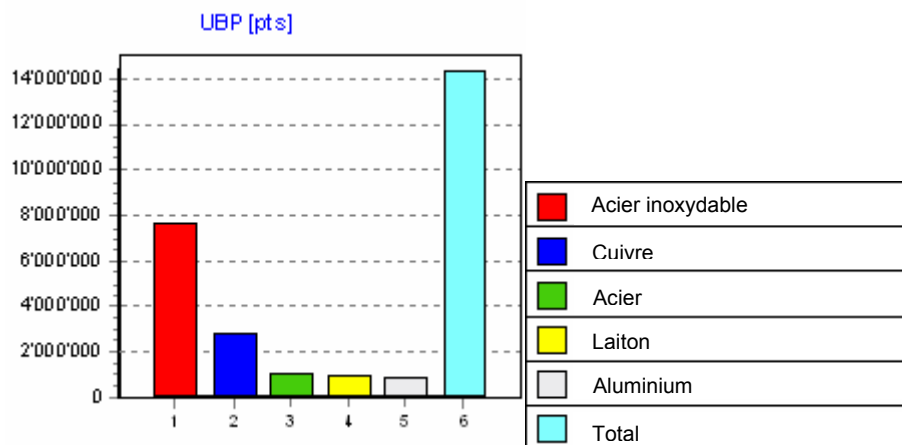


FIGURE 52 : LES 5 MATERIAUX AYANT LE PLUS D'IMPACTS D'ECOPOINTS

Ces résultats montrent que le matériau représentant le plus d'impacts pour tous les indicateurs est l'acier inoxydable. En seconde position arrive le cuivre suivi de l'aluminium, de l'acier, du laiton et deux plastiques (polyéthylène et PVC).

C'est donc le groupe MT qui présente les plus grands impacts, car il est constitué d'une très grande part d'acier et d'acier inoxydable utilisés dans le réseau hydraulique pour connecter le recooler à Sortech. Il faut préciser que l'emplacement éloigné du recooler par rapport à la machine Sortech est à l'origine de ces impacts importants. Il faudra analyser ce point plus en détail lorsque les calculs seront appliqués à un bâtiment réel.

La masse totale d'acier inoxydable est telle que ces impacts sont très importants. Une comparaison pourrait être faite en remplaçant ce matériau qui compose principalement les conduites et certaines structures d'armature par un autre matériau.

5.5 CONCLUSION A L'ACV

Dans cette étude préliminaire, nous avons étudié les impacts environnementaux de la fabrication des matériaux composant la machine Sortech et des différents composants du banc de test, dont la plupart se retrouve dans une installation réelle.

L'ACV de notre installation de tests a pu montrer que l'acier inoxydable du réseau hydraulique présente entre 40 et 70% des impacts selon l'indicateur utilisé. De plus les locaux à disposition pour la mise en place de l'installation ne sont pas optimaux puisqu'il a fallu mettre en place plusieurs dizaines de mètres de tuyauterie en acier inoxydable afin d'atteindre la surface de toiture où se trouve l'aéroréfrigérant. L'étude qui sera conduite en 2009 permettra de mettre en avant des idées d'amélioration afin de baisser ces impacts.

Lors de la comparaison entre les deux installations dans un bâtiment standard, les distances entre chaque groupe seront optimisées afin de minimiser les impacts des masses des matériaux.

Pour 2009, nous allons étudier l'ACV de la climatisation solaire dans le cadre d'un bâtiment réel et incluant l'énergie d'appoint consommée, les transports et l'élimination des matériaux.

6 Collaboration nationale

Aucune pour l'instant.

7 Collaboration internationale

Durant l'année 2008, nous avons participé aux activités suivantes :

1) Meeting de la Tâche 38 :

- Du 06 au 08 octobre 2008 à Lisbonne

2) Conférence internationale

- Du 07 au 10 octobre 2008 à Lisbonne : Eurosun 2008, 1st International Conference on Solar Heating, Cooling and Buildings.

Durant ces réunions, les contacts établis en 2007 ont pu être entretenus.

8 Publication

Aucune.

9 Évaluation de l'année 2008 et perspectives pour 2009

Les objectifs pour l'année 2008 sont partiellement atteints. Le retard pris sur le planning peut s'expliquer par le retard lié à l'attribution des locaux pour le LESBAT, en particulier la libération d'une salle de classe qui donne accès à l'endroit du positionnement du récooler.

A ce jour, le stand de tests est monté et a passé avec succès les tests de mise en pression. Il reste à poser l'isolation, travaux planifiés pour janvier 2009.

Le programme de gestion et d'acquisition de l'installation (chapitre 3), couplé à Trnsys est fonctionnel. Quelques adaptations doivent être faites en fonction des caractéristiques hydrauliques de l'installation.

Le modèle de simulation par contre n'a pas encore débuté. Nous comptons avancer en parallèle avec la sous-tâche C de la Tâche 38, cependant, cette sous-tâche s'est orientée dans une comparaison de modèles existants de machines de climatisation (absorption, DEC). Le but étant de faire ressortir si un logiciel est meilleur qu'un autre. Nous n'avons pas souhaité participer à ce travail qui ne nous semblait pas très prometteur. Comme indiqué dans la demande, nous allons nous focaliser sur le développement d'un modèle microscopique de l'installation d'adsorption pour pouvoir analyser différentes configurations de réacteurs. Le prolongement de la Tâche 32 et d'autres mandats extraordinaires n'ont pas permis au spécialiste TRNSYS du LESBAT (J. Bony) de commencer le modèle de notre installation.

Nous allons élaborer ce modèle dès le printemps 2009 (ceci permettra de comparer le modèle aux mesures).

Lors du montage du stand de tests, tous les composants ont été soigneusement pesés. De plus, l'entreprise SORTECH nous a donné la composition de la machine dans ses détails. Ces indications nous ont permis de définir les différents impacts environnementaux liés à l'utilisation d'une machine à adsorption dans un bâtiment. Dans un premier temps, nous avons défini ces impacts sur la base de notre installation, ceci en prenant tous les composants (sauf le système de commande et d'acquisition). Dans un deuxième temps (2009), nous définirons les composants indispensables à une installation dans un bâtiment ainsi que des distances raisonnables de réseau hydraulique. Ce deuxième calcul sera bien plus représentatif des impacts environnementaux d'une installation de climatisation solaire dans la réalité.

Pour 2009, nous prévoyons d'effectuer les actions suivantes:

- Tests de l'installation Sortech dans différentes configurations (Cf § 4)
- Mesures de performances de l'installation dans différents modes de fonctionnement (mode SORTECH seul et mode SORTECH + ARPEGE)
- Développement et validation du modèle de simulation de l'installation
- LCIA d'une installation SORTECH dans une maison individuelle et d'une installation standard (à compression) pour la même maison individuelle.

10 Références

- [1] (WO/2007/017015) LAYER COMPOSITE AND PRODUCTION THEREOF
- [2] Documentation Sortech
- [3] T. Pittet, J. Bony, P. Dind. Optimisation d'installations solaires combinées, OFEN, décembre 2002.
- [4] S. Citherlet et J. Bony. CoSyPCM : Combi-Système avec Matériaux à Changement de Phase, OFEN, Rapport annuel décembre 2005
- [5] Hans-Martin Henning, SOLAR ASSISTED AIR CONDITIONING OF BUILDINGS – AN OVERVIEW Heat SET 2005, Heat Transfer in Components and Systems for Sustainable Energy Technologies, 5-7 April 2005, Grenoble, France.
- [6] Sortech, Service manuel ACS 08
- [7] Organisation Internationale de Normalisation, MANAGEMENT ENVIRONNEMENTAL – ANALYSE DU CYCLE DE VIE, Normes ISO 14040, 41, 42, 43, 1997-2000.
- [8] Ökobilanzdaten im Baubereich / Base de données KBOB version 1/2007.
- [9] Base de données ECOINVENT version 2.0 (www.ecoinvent.ch).
- [10] Logiciel ECO-BAT version 3.0 (www.eco-bat.ch).

ANNEXE 1 POINTS DE MESURES

LOCAL S02

AGILENT 34970 - Carte 34901 - Slot 1

Canal	N°Sonde	Désignation	Mesure Type de mesure
101	T40	Sonde régulation vanne 3 voies/échangeur	RTD 4 fils
102	T16	Avant vanne mélangeuse	RTD 4 fils

AGILENT 34970 - Carte 34907 - Slot 3

304	75	Vanne motorisée à 2 voies, Siemens MXG461B15-1.5	0-10 V
305	51	Vanne motorisée à 3 voies, VXF41.24 - SKD62	0-10 V

FIELDPOINT NI-FP 1601 - Interface Ethernet

NI - FP-TC 120 (Thermocouples 8 canaux (1))

CH0	T1	Entrée émulateur HT	Type k
CH1			
CH2	T12	Entrée émulateur LT	Type k
CH3			
CH4	T27	Entrée Arpège	Type k
CH5	T28	Sortie Arpège	Type k
CH6	T30	Haut de cuve	Type k
CH7	T31	Bas de cuve	Type k

NI - FP-TC 120 (Thermocouples 8 canaux (2))

CH0	TX1	SORTECH - TX1 = Réacteur de droite (vue extérieure)	Type k
CH1	TX2	SORTECH - TX2 = Condenseur (milieu)	Type k
CH2	TX3	SORTECH - TX3 = Réacteur de gauche (vue extérieure)	Type k
CH3	TX4	SORTECH - TX4 = Evaporateur (sous-Sortech)	Type k
CH4	T17	Sortie échangeur, circuit primaire	Type k
CH5	T18	Entrée échangeur, circuit primaire	Type k
CH6	T19	Entrée échangeur, circuit secondaire	Type k
CH7	T20	Sortie échangeur, circuit secondaire	Type k

NI - FP-TC 120 (Thermocouples 8 canaux (3))

CH0	T32	ARPEGE EF	Type k
CH1	T33	ARPEGE EF	Type k
CH2	T34	ARPEGE EF	Type k
CH3	T9	Ambiance Labo	Type k
CH4	A1	Arpège 1 - HAUT	Type k
CH5	A2	Arpège 2 - Milieu Haut	Type k
CH6	A3	Arpège 3 - Milieu BAS	Type k
CH7	A4	Arpège 4 - BAS	Type k

NI - FP AI 110 (4-20 mA 8 canaux)

CH0	48	Débit-mètre, Krohne Optiflux 1010C, MT	4-20 mA
CH1	9a	Débit-mètre, Krohne, Optiflux 1010C, HT princ	4-20 mA
CH2	9b	Débit-mètre, Krohne, Optiflux 1010C, HT cuve	4-20 mA
CH3	28	Débit-mètre, Optiflux 1010C, LT	4-20 mA
CH4	100	Débitmètre ARPEGE	4-20 mA
CH5			
CH6			
CH7			

NI - FP-A0 210 (0-10 V)

CH0	8	Circulateur + Régulateur Dynatex, HT princ	0-10 V
CH1	16	Circulateur + Régulateur Dynatex, HT cuve	0-10 V
CH2	29	Circulateur, + régulation, LT	0-10 V
CH3	47	Circulateur, + régulation, MT princ	0-10 V
CH4	73	Circulateur, + régulation, MT échan	0-10 V
CH5	75	Vanne motorisée à 2 voies, Siemens MXG461B15-1.5	0-10 V
CH6	51	Vanne motorisée à 3 voies, VXF41.24 - SKD62	0-10 V
CH7			

NI - FP-RTD 124 (PT100, 4 fils)

CH0	T3	Entrée cuve, côté émulateur	RTD 4 fils
CH1	T4	Sortie cuve, côté émulateur	RTD 4 fils
CH2	T5	Entrée cuve, côté Sortech	RTD 4 fils
CH3	T6	Sortie cuve, côté Sortech	RTD 4 fils
CH4	T7	Entrée Sortech, groupe HT	RTD 4 fils
CH5	T8	Sortie Sortech, groupe HT	RTD 4 fils
CH6	T10	Entrée Sortech, groupe LT	RTD 4 fils
CH7	T11	Sortie Sortech, groupe LT	RTD 4 fils

NI - FP-RTD 124 (PT100, 4 fils)

CH0	T14	Sortie Sortech, groupe MT	RTD 4 fils
CH1	T15	Entrée Sortech, groupe MT	RTD 4 fils
CH2			RTD 4 fils
CH3			RTD 4 fils
CH4			RTD 4 fils
CH5			RTD 4 fils
CH6			RTD 4 fils
CH7			RTD 4 fils

NI - FP-TB 10

FP D0-AC 240	101	Electrovanne 1/2" ARPEGE	230 V
--------------	-----	--------------------------	-------

NI FP-RLY 422 (FP-TB 1)

CH0	53a	Vanne motorisée à 3 voies, inox, 2", Trimatic	Relai
CH1	53b	Vanne motorisée à 3 voies, inox, 2", Trimatic	Relai
CH2	53c	Vanne motorisée à 3 voies, inox, 2", Trimatic	Relai
CH3	50	Vanne motorisée à 2 voies, inox, 2", TRI-MATIC	Relai

EUROTHERM

Boucle 1	T2	Sortie émulateur HT, PT 100 3 fils, Eurotherm	RTD 3 fils
Boucle 2	T13	Sortie émulateur LT, PT 100 3 fils, Eurotherm	RTD 3 fils

S133

FP TC K100			
FP TC K100			
FP AI V1	T24	Sonde d'humidité, Rotronic, Hygroclip S3 et de température, Air avant recool, Extérieur, S133	RTD 3 fils
FP D0-AC 240	52	Electrovanne 1/2"	230 V
FP A0 V10		Alimentation sonde d'humidité	
FP AI V10	P1	Puissance recool	

NI - FP-TC 120 (Thermocouples 8 canaux (4))

CH0	T21	Alimentation spray, S133	Type k
CH1	T25	Entrée recool	Type k
CH2	T26	Sortie recool	Type k
CH3	T23	Air sortie recool, Extérieur, S133	Type k
CH4			
CH5			
CH6			
CH7			

ANNEXE 2 Coefficients d'étalonnage des sondes de température

	Entrée émulateur HT	Sortie émulateur HT, PT 100 3 fils, Eurotherm	Entrée cuve, côté émulateur	Sortie cuve, côté émulateur	Entrée cuve, côté Sortech	Sortie cuve, côté Sortech	Entrée Sortech, groupe HT
Numéro sonde	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
a (gain)	0.99410	0.99988	0.99990	1.00128	0.99923	0.99894	0.99878
b (offset)	-0.1919	-0.0818	-0.1231	0.3240	-0.1400	-0.0675	-0.0996
Incertitude [°C]	0.13	0.11	0.06	0.06	0.08	0.07	0.07

	Sortie Sortech, groupe HT	Ambiance Labo	Entrée Sortech, groupe LT	Sortie Sortech, groupe LT	Entrée émulateur LT	Sortie émulateur LT, PT 100 3 fils, Eurotherm	Sortie Sortech, groupe MT
Numéro sonde	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14
a (gain)	0.99863	0.99744	0.99899	0.99904	0.99503	1.00039	0.99808
b (offset)	-0.1672	0.0156	-0.0733	-0.0396	-0.3751	-0.0335	-0.0216
Incertitude [°C]	0.07	0.07	0.07	0.08	0.12	0.07	0.02

	Entrée Sortech, groupe MT	Avant vanne mélangeuse	Sortie échangeur, circuit primaire	Entrée échangeur, circuit primaire	Entrée échangeur, circuit secondaire	Sortie échangeur, circuit secondaire	Alimentation spray, S133
Numéro sonde	T15	T16	T17	T18	T19	T20	T21
a (gain)	0.99837	0.99964	0.99704	0.99950	0.99796	0.99629	0.99722
b (offset)	-0.0056	0.0722	-0.0880	-0.1710	-0.1149	-0.0930	0.1694
Incertitude [°C]	0.02	0.06	0.08	0.09	0.07	0.09	0.09


	Air sortie recool, Extérieur, S133	Entrée recool	Sortie recool	Entrée Arpège	Sortie Arpège	Haut de cuve	Bas de cuve
Numéro sonde	T23	T25	T26	T27	T28	T30	T31
a (gain)	0.99547	0.99609	0.99537	0.99596	0.99417	0.99600	0.99649
b (offset)	0.1867	0.2102	0.1887	-0.5318	-0.4412	-0.5884	-0.5406
Incertitude [°C]	0.10	0.11	0.16	0.10	0.04	0.08	0.10

	ARPEGE EF	ARPEGE EF	ARPEGE EF	SORTECH	SORTECH	SORTECH	SORTECH
Numéro sonde	T32	T33	T34	TX1	TX2	TX3	TX4
a (gain)	0.99533	0.99616	0.99717	0.99696	0.99733	0.99726	0.99725
b (offset)	0.0679	0.0533	0.0073	0.0086	-0.0528	-0.0619	-0.0868
Incertitude [°C]	0.10	0.10	0.08	0.07	0.08	0.06	0.06

	Sonde régulation vanne 3 voies/échangeur
Numéro sonde	T40
a (gain)	0.99950
b (offset)	0.0043
Incertitude [°C]	0.07

ANNEXE 3 Paramètres du recooler

Date: 2008-12-17
 Demande du: 2008-
 Project: SORTECH
 No. d'offre: AG-08
 Position: 1
 Contact: Alain Gaudard - 024 441 77 43

 Aéroréfrigérant		GFH 067B/2-S(W)-F6/12P	
Puissance:	24.0 kW	Fluide:	éthylène glycol 34 Vol. % ⁽¹⁾
Surface de réserve:	-20.5 %	Entrée:	41.0 °C
Débit volumique d'air:	12900 m³/h	Sortie:	34.0 °C
Air à l'entrée:	32.0 °C	Perte de charge:	0.30 bar
Hauteur géodésique:	0 m	Débit volumique:	3.19 m³/h
Coeff. global de transf.:	28.60 W/(m²·K)	Débit massique:	3351 kg/h
Ventilateurs:	2 Pièce(s) 1~230V 50Hz	Pression sonore:	42 dB(A) ⁽²⁾
Données par moteur (données nominales):		à une distance de:	10.0 m
Vitesse de rotation:	680 min-1	Puissance sonore:	74 dB(A)
Puissance (el.)	0.40 kW		
Ampérage:	1.75 A ⁽³⁾		
Puissance absorbée:	0.80 kW	Classe efficace d'énergie:	C
Caisson:	Acier galv., RAL 7035	Tubes:	Cuivre
Surface d'échange:	270.6 m²	Ailettes:	Aluminium
Volume des tubes:	37 l	Raccords par appareil:	
Pas d'ailettes:	2.40 mm	Entrée:	28.0 * 1.50 mm
Poids de l'appareil vide:	209 kg ⁽⁴⁾	Sortie:	28.0 * 1.50 mm
Pression de service max.:	16.0 bar		
Dimensions: ⁽⁴⁾			
Longueur de l'appareil:	2410 mm	Tube collecteur:	28.0 * 1.50 mm
Largeur de l'appareil:	1145 mm	Tube distributeur:	28.0 * 1.50 mm
Hauteur de l'appareil:	950 mm ⁽⁴⁾	Passages:	12
Nombre de pieds:	4	Circuits:	1N
		Branches:	10

(1) Groupe de fluide 2 selon les directives européennes relatives aux équipements sous pression 97/23/CE et la directive 67/548/CEE

(2) utilisant la méthode de la surface enveloppante selon EN 13487

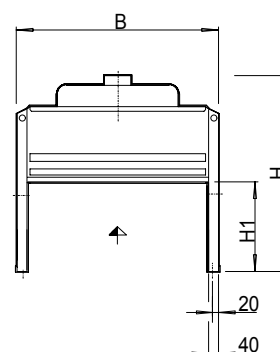
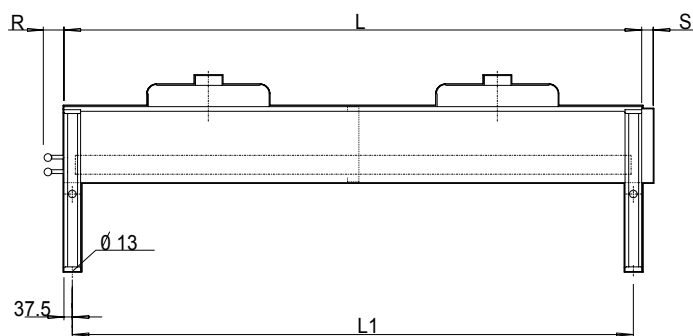
(3) La consommation du courant peut différer en dépendance de la température de l'aire et des variations de la tension de secteur selon directive VDE.

(4) Dimensions et poids ne sont pas valables pour toutes les options et accessoires.

GFH 067B/2-S(W)-F6/12P

Project:
No. d'offre:
Position:
Contact:

SORTECH
AG-08
1
Alain Gaudard - 024 441 77 43



File: EMF\sk2_Sl.emf

Güntner Product Calculator Professional, 2008.35/2008-12-02, PL 1/2009

L	=	2250 mm	B	=	1145 mm	H	=	950 mm
R	=	110 mm	L1	=	2175 mm	H1	=	400 mm
S	=	50 mm						

Attention: Dessins et dimensions ne sont pas valables pour toutes les options et accessoires!

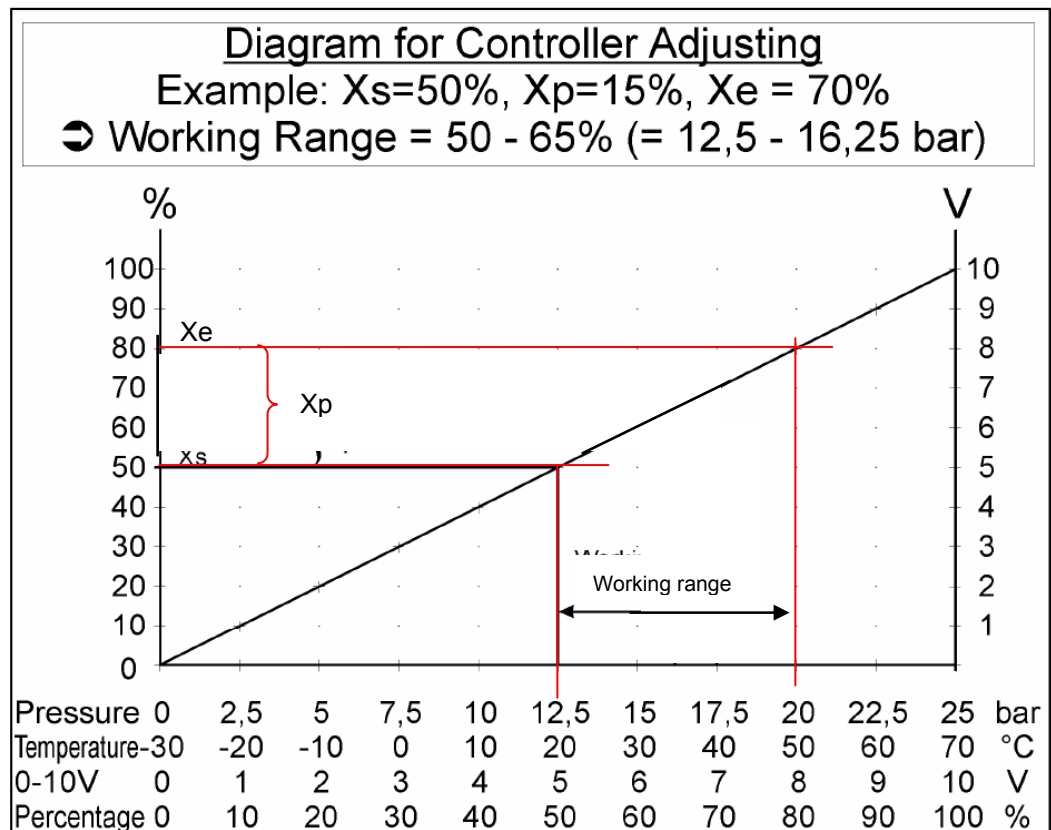


Diagram of Controller Adjust

Paramètres standards définis par Sortech introduit lors de la mise en service : $X_s : 50\%$; $X_p : 30\%$; $X_e : 60\%$; Begrenzgen : $\sim 52\%$

ANNEXE 4 Paramètres de l'échangeur de chaleur

088 09:26 024-441-77-47 JAEggi GUENTNER PAGE 02/03

GÜNTNER

Pos. 1

Puissance	13.6 kW
Écart logarithmique	9.25 deg.C

	Côté chaud	Côté froid
Fluide	(Ethylene) 30%	Water
Température entrée	35 deg.C	17 deg.C
Température sortie	30 deg.C	28.7 deg.C
Débit	0.746 kg/s	0.278 kg/s

Dates d'échangeur

Type d'échangeur	LA14 - 40
Nombre d'échangeur en parallèle	1
Surface d'échange	0.55 m ²
Fouling Factor	2693 m ² /kW

	Côté chaud	Côté froid
Pertes de charge calculées	19.84 kPa	2.88 kPa

Dates Pysiques

	Côté chaud	Côté froid
Fluid	(Ethylene) 30%	Water
Pression	55 kPa	10 kPa
Ref. Temperature	32.5 deg.C	22.85 deg.C
Densité	1028.3 kg/m ³	996.43 kg/m ³
Capacité thermique	3.6468 kJ/kgK	4.1881 kJ/kgK
Conductivité Thermique	0.5699 W/m K	0.607 W/m K
Viscosité Dynamic	0.0018 Ns/m ²	0.0009 Ns/m ²

JÄGGI/GÜNTNER (SCHWEIZ) AG
Industriestrasse 23
CH-4532 Trimbach
Telefon ++41 62 289 20 00
Telefax ++41 62 289 20 01
e-mail info@guentner.ch
www.jaeggi-guentner.ch

Büro Zentralschweiz:
Wolfsbühl 28, CH-6020 Emmenbrücke
Telefon/Telefax ++41 41 467 06 30
e-mail franz.schneider@guentner.ch

Büro Westschweiz:
Route d'Orny, CH-1372 Bevois
Telefon/Telefax ++41 24 441 77 43/47
e-mail elain.gaudard@guentner.ch

ANNEXE 5 Dimensions du stock du circuit HT

