

Table des matières

Table des matières	1
Aide à la lecture.....	3
Liste des figures	5
Liste des tableaux	6
Liste des graphiques	6
Liste des images	6
1. Introduction	7
1.1. Contexte.....	7
1.2. Cahier des charges et objectifs	8
1.3. Choix du programme	9
1.4. Fonctionnement d'une PAC	9
2. Mesure de COP en laboratoire	13
2.1. Installation en laboratoire	13
2.2. Système d'acquisition Hes.....	14
2.3. Mise en forme de l'information.....	17
2.4. Acquisition des données sur Raspberry pi.....	18
2.5. Fichiers de configurations	21
2.6. Serveur ftp	25
2.7. Traitement des fichiers acquis	27
2.8. Affichages graphiques des COP	28
2.9. Comparaison des COP des deux systèmes	32
3. Monitoring COP Box	41
3.1. Liste de matériel et couts	41
3.2. Améliorations apportées	41
4. Suite à donner.....	45
4.1. Installation d'un VPN	45
4.2. Amélioration du Monitoring des différents COP	45
4.3. Affichage des résultats sur une page Web	45
4.4. Mise en commun des fichiers Qt	46
4.5. Installation d'un serveur ftp externe	46
4.6. Lancement du programme Qt sans environnement	46
4.7. Installation d'un débitmètre plus précis.....	46
5. Conclusion.....	47
6. Remerciements	49



7. Annexes	53
1. Planning.....	53
2. Contrôle de la PAC	55
3. Acquisition Calec	59
4. Serveur Z-wave	61
5. Serveur 1-wire	63
6. Liste de matériel et couts.....	65
7. Schéma mécanique des pièces de contact pour capteurs.....	67
8. Mesures de COP sans ajustements	69
9. Mesure de COP avec ajustements	71
10. Liste des runs	73
11. Liste des graphiques et image.....	75
12. Installation d'un nouveau système d'acquisition.....	89

Aide à la lecture

Run : Le terme run qui est utilisé dans ce rapport sert à indiquer une routine de la pompe à chaleur. Le run est le temps de fonctionnement de la pompe à chaleur durant laquelle la puissance électrique et la puissance thermique de la pompe ne sont pas nulles.

Log : Les log sont les fichiers de valeurs créés lors de l'acquisition des données. On les appelle ainsi car leur extension sont des **.log**

Exemple :

 thermoLab_2019-07-23 12.02.58.log 07.08.2019 15:50 Text Document 3 KB

Z-wave : La technologie Z-wave utilise les ondes radio de faible puissance dans la bande de fréquence de 868 MHz. Cette technologie a été spécialement conçue pour les systèmes de domotique. [1]

1-wire : Le bus 1-Wire (bus 1 fil ou encore OneWire) est un bus qui permet de connecter (en série, parallèle ou en étoile) des capteurs avec trois fils (VCC, Signal, GND). [2]

COP : Coefficient de performance

PAC : Pompe à chaleur

ECS : Eau chaude sanitaire

VNC : Un VNC, en français, informatique virtuelle en réseau, est un système avec lequel nous pouvons prendre le contrôle d'un ordinateur distant. Il faut que les deux ordinateurs soient en réseau pour que cette technologie fonctionne. [3]

VPN : Un VPN, en français réseau privé virtuel, est un système qui permet de lier entre eux deux ordinateurs distants. La connexion peut s'établir même si ces deux derniers ne sont pas en réseau. Le lien s'effectue via le réseau internet. [4]

PCB : Circuit imprimé

ΔT : « Delta Température » signifie la différence entre deux températures.

Liste des figures

Figure 1 : Schéma global du système pensé.....	8
Figure 2 : Logo Qt Creator	9
Figure 3 : Schéma d'une machine de Carnot (Machine de chaud)	9
Figure 4 : Schéma de principe de l'installation présente en laboratoire	13
Figure 5 : Raspberry pi 3b+.....	14
Figure 6 : Implémentation du système de mesure de puissance thermique (acquisition Hes). 14	
Figure 7 : Implémentation du système de mesure de puissance thermique (acquisition Hes). 16	
Figure 8 : Schéma de mise en forme des données de l'acquisition aux graphes	17
Figure 9 : Interface utilisateur d'acquisition Hardware des valeurs des différents capteurs	19
Figure 10 : Schéma de principe de l'acquisition des données	19
Figure 11 : Construction des fichiers de données	20
Figure 12 : Aperçu de la liste des fichiers et de la construction de leur nom	20
Figure 13 : Fichier de configuration du programme	21
Figure 14 : Exemple de programmation Qt de la fonction calculant la puissance thermique..	22
Figure 15 : Fichier de configuration acquisition sur Raspberry pi.....	23
Figure 16 : Fichier de configuration du traitement des données sur PC	24
Figure 17 : Architecture des dossiers d'enregistrement des données	26
Figure 18 : Configuration Filezilla (Serveur FTP).....	26
Figure 19 : Interface utilisateur d'acquisition Hardware des valeurs des différents capteurs ..	27
Figure 20 : Méthode de séparation des données de chaque capteur.....	28
Figure 21 : Listes binaires créées après exécution du programme domoticVisu	28
Figure 22 : Interface utilisateur de visualisation des graphes	29
Figure 23 : Procédure de mise en forme des graphes.....	29
Figure 24 : Variation du nombre d'impulsions malgré un débit régulier	36

Liste des tableaux

Tableau 1 : Résultats avant améliorations	34
Tableau 2 : Calibration du débit	37
Tableau 3 : Calibration de la température	38
Tableau 4 : Résultats après améliorations	39

Liste des graphiques

Graphique 1 : Exemple d'affichage d'un graphe.....	30
Graphique 2 : Superposition de la puissance électrique et thermique.....	31
Graphique 3 : Superposition de la température de départ et de retour	31
Graphique 4 : Superposition du COP instantané et du numéro de run	32
Graphique 5 : Comparaison de la température de départ	35
Graphique 6 : Comparaison de la température de retour.....	35
Graphique 7 : Delta Température entre le départ et le retour avant améliorations	36
Graphique 8 : Puissance thermique avant améliorations	37
Graphique 9 : Delta Température entre le départ et le retour après améliorations	38
Graphique 10 : Courbe de puissance électrique	39
Graphique 11 : Puissance thermique après améliorations.....	40

Liste des images

Image 1 : Débitmètre à impulsions	15
Image 2 : Capteur AEOTEC (mesure de la puissance électrique consommée par la PAC)	16
Image 3 : Dévolo pour transmission de la connexion internet	42
Image 4 : Installation des sondes sur les tuyaux avec isolation	42
Image 5 : Pièce de contact pour sondes de température.....	43
Image 6 : PCB pour le branchement des différentes sondes de températures.....	43
Image 7 : PCB avec boîtier de protection	43
Image 8 : Coffret de protection pour le matériel électrique	44

1. Introduction

1.1. Contexte

Le confort thermique est un élément important dans la vie de tous les jours. Pour subvenir à ce confort, différentes méthodes de chauffage peuvent être utilisées.

En Suisse, le parc immobilier produit environ 40% des émissions de CO₂ et consomme approximativement 45% de l'énergie Suisse. Un gros effort doit donc être réalisé durant ces prochaines années afin de réduire ces taux. [5]

Le nombre d'installations de pompes à chaleur ne cesse d'augmenter d'année en année. Ces machines permettent de chauffer les bâtiments durant la saison froide et de préparer l'eau chaude sanitaire toute l'année.

Ces équipements à énergie renouvelable, prennent la chaleur de l'environnement extérieur afin de le restituer aux bâtiments. Les sources de chaleur peuvent provenir de différentes origines :

- L'air comme source de chaleur.
- L'eau comme source de chaleur.
- Le sol comme source de chaleur (géothermie).

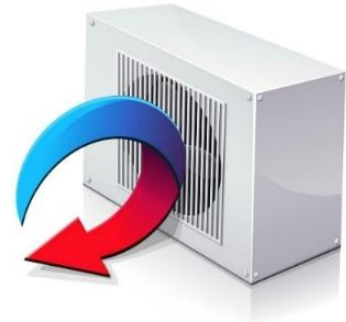
Avec les années, la pompe à chaleur devient de plus en plus performante et consomme toujours moins d'énergie électrique pour donner davantage d'énergie thermique. Afin de connaître la performance de ces machines, une grandeur sans unité appelée coefficient de performance (COP) a été instaurée. Ce coefficient représente le rapport entre la quantité d'énergie produite (Thermique) et la quantité d'énergie utilisée (Electrique). [6]

Le coefficient de performance de notre pompe à chaleur nous permet ainsi de connaître la performance de cette dernière par le biais de sa production de chaleur et de sa consommation électrique.

Etant dans une ère où la quantité et la qualité de l'énergie est au cœur de nombreuses conversations, les énergies renouvelables sont toujours plus utilisées. Ces dernières étant des énergies dont les puissances de production peuvent varier rapidement, il est donc important de diversifier les sources de production. Afin de rendre notre réseau fiable, il peut donc s'avérer utile de connaître nos consommations et nos productions précisément.

Des problèmes peuvent souvent être rencontrés lors de la mise en service de nouvelles installations de pompes à chaleur. Les réglages de ces dernières sont généralement mal connus et, une grande partie du temps, la production de chaleur est faite par le biais de la résistance chauffante de la pompe à chaleur. Cela fait baisser considérablement le coefficient de performance globale de notre système.

Il serait donc intéressant de pouvoir observer le coefficient de performance en direct afin de déterminer si l'utilisation d'une pompe à chaleur est faite de manière optimale ou non.



1.2. Cahier des charges et objectifs

L'objectif du projet proposé consiste à mettre en place un système de monitoring du coefficient de performance d'une pompe à chaleur.

Pour pouvoir observer les résultats de manière pertinente, une acquisition devra être programmée. La première partie de ce travail de diplôme va donc consister à prendre en main le programme utilisé, soit le logiciel Qt Creator et comprendre la logique de la programmation en C. Un système d'acquisition de données devra ensuite être programmé en utilisant ce logiciel.

Une comparaison de coefficient de performance du système développé au sein de la Haute école d'Ingénierie de Sion avec un système de mesure industriel devra être ensuite réalisée. Pour ce faire, des tests seront effectués sur une pompe à chaleur se trouvant dans le laboratoire thermique de la Haute école d'Ingénierie de Sion. Cette dernière est déjà instrumentée et des mesures peuvent être faites.

Pour connaître le coefficient de performance, l'énergie électrique et thermique de nos installations devront être mesurées.

Des modifications devront ensuite être apportées au système afin de le rendre plus fiable et plus performant. Par la suite, un déploiement de ce système devra être réalisé sur différentes pompes à chaleur de la région afin de pouvoir récupérer les valeurs du COP de ces machines et les analyser. Le système installé et proposé aura les caractéristiques suivantes : il sera **peu invasif, fiable et peu coûteux**. L'installation sera aussi **aisée** et **ne devra aucunement interférer avec le système de commande des pompes à chaleur installées**.

Lorsque nos systèmes seront mis en place, des données supplémentaires comme la température extérieure et intérieure du bâtiment dans la phase de déploiement, permettront d'apporter des justifications aux variations des COP monitorés.

Le but final du projet est donc de pouvoir visionner, sur un PC, les COP des différentes installations. Pour cela, il faudra pouvoir rassembler toutes les données acquises de nos différentes installations et les mettre en forme. Par la suite des graphiques permettront de visualiser nos résultats.

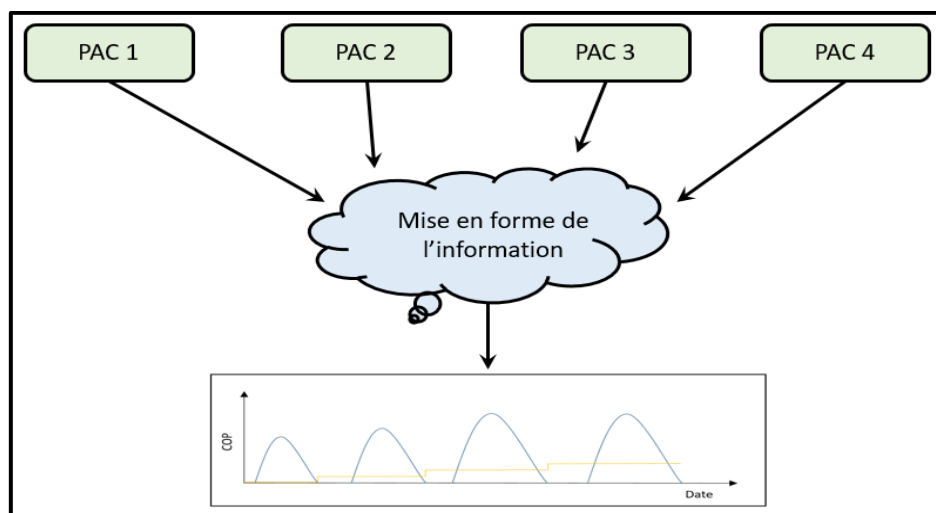


Figure 1 : Schéma global du système pensé

1.3. Choix du programme

Le programme utilisé est le programme Qt Creator. Ce dernier est un environnement de développement de logiciel intégré. Ce logiciel est fait pour la programmation en C++.

Ce programme a été choisi selon plusieurs critères. Le principal étant qu'il soit gratuit et facilement exploitable. Il faut notamment savoir que le logiciel Qt Creator est un logiciel multiplateforme. En effet, il peut être utilisé sous Windows, Mac ou encore Linux. [7]

Ces deux critères nous indiquent qu'une installation est exploitable pour n'importe quel utilisateur. Cela nous évite des contraintes liées au matériel informatique et au budget du mandant.



Figure 2 : Logo Qt Creator

1.4. Fonctionnement d'une PAC

Machine de Carnot (Pompe à chaleur)

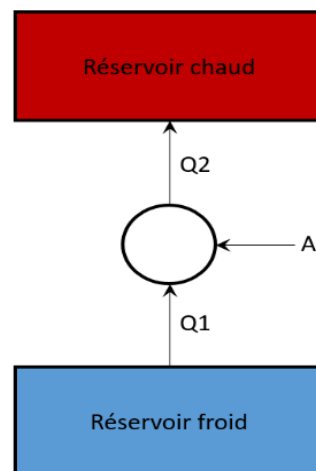


Figure 3 : Schéma d'une machine de Carnot (Machine de chaud)

Quand nous parlons de pompe à chaleur, on préfère parler de **Coefficient de performance** et non pas de rendement.

Trois COP différents peuvent être mesurés sur une pompe à chaleur :

COP de Carnot

Dans une installation possédant une machine thermique, le « rendement » de cette dernière peut être connu. On l'appelle le **coefficient de performance de Carnot (COP Carnot)**. Cette valeur nous indique le COP maximal que peut atteindre notre machine thermique dans le meilleur des cas. En réalité, le coefficient de performance sera toujours inférieur à cette valeur, car notre système possède des pertes et des imperfections.

Pour connaître le COP de Carnot d'un système, l'équation est la suivante :

$$COP_{carnotPAC} = \frac{T_{chaud}}{T_{chaud} - T_{froid}}$$

COP réel de la PAC

Le coefficient de performance **réel** de la pompe à chaleur correspond au rapport entre la puissance thermique et électrique de celle-ci. La formule pour connaître le COP réel d'une pompe à chaleur est la suivante :

$$COP_{réel PAC} = \frac{\text{Puissance thermique [kW]}}{\text{Puissance électrique [kW]}}$$

COP global de la PAC

Le coefficient de performance **global** de notre pompe à chaleur est toujours inférieur au coefficient de Carnot. Pour connaître ce coefficient, deux éléments doivent être connus : **l'énergie électrique et l'énergie thermique** de notre pompe à chaleur. Le rapport entre ces deux énergies nous donne le COP global.

La formule pour connaître le coefficient de performance global d'une pompe à chaleur est la suivante :

$$COP_{global PAC} = \frac{|Q|}{W}$$

Q : chaleur utile à l'échangeur [J]

W : travail [J]

Quantité de chaleur

La formule de quantité de chaleur nous permet de connaître la chaleur échangée entre deux corps. Cette quantité est proportionnelle à la différence de température entre celle de départ (T1) et celle de retour (T2), mais aussi au flux de masse total de matière (dans notre cas, l'eau).

La formule est la suivante :

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

Q : chaleur [J]

m : masse [kg]

c : chaleur massique [J · kg⁻¹ · K⁻¹]

ΔT : Différence de température [°C]

Energie électrique consommée par le système

Pour connaître la puissance totale électrique consommée par la pompe à chaleur, une addition des puissances électriques des trois phases doit être faite.

Dans notre cas, notre pompe à chaleur est alimentée en triphasé. L'énergie des trois phases devra donc être additionnée afin de connaître l'énergie électrique totale de notre système.

L'équation pour connaître l'énergie électrique est la suivante :

$$E(t) = \int_0^t P \cdot dt$$

E : énergie [$W \cdot s$]
 t : durée [s]

P : Puissance [W]

Intérêt financier

Lors de l'utilisation de pompes à chaleur, un intérêt financier considérable doit être pris en compte : le coefficient de performance nous fait diviser par sa valeur le coût du kilowattheure consommé.

Comme expliqué auparavant, le coefficient de performance de notre pompe à chaleur nous indique le rapport entre la quantité d'énergie thermique donnée au système et celle, électrique, consommée par notre PAC.

Exemple :

Le prix du kilowattheure électrique étant de 20.3 Ct/kWh.

Pour un système muni d'une pompe à chaleur, chauffer un boiler de 1000 litres demande une énergie électrique de 3.2kWh. La quantité d'énergie produite par notre système est de 14.7 kWh.

Calcul du COP :

$$COP = \frac{\text{Energie thermique [kWh]}}{\text{Energie électrique [kWh]}} = \frac{14.7}{3.2} = 4.59$$

Le prix du kWh thermique de l'installation est donc de :

$$\frac{\text{Prix du kWh électrique [Ct/kWh]}}{COP} = \frac{20.3}{4.59} = 4.42 \left[\frac{\text{Ct}}{\text{kWh}} \right]$$

Nous comprenons donc que le prix de l'énergie thermique de notre système est en relation avec le coefficient de performance. [8]

2. Mesure de COP en laboratoire

Une pompe à chaleur se trouve dans le laboratoire thermique de la HEI de Sion. Cette pompe à chaleur a été instrumentée en 2017 par un système de mesure utilisant des capteurs Calec STII. Ce système de mesure sera appelé **Instrumentation Calec (ou acquisition Calec)** dans ce rapport (**ANNEXE 3**). Un second système installé durant l'année scolaire 2018-2019 que nous appellerons **Instrumentation Hes (ou acquisition Hes)** est aussi présent sur l'installation. **C'est ce système qui sera étudié durant ce rapport**, en le comparant au système d'acquisition Calec.

2.1. Installation en laboratoire

Schéma de principe :

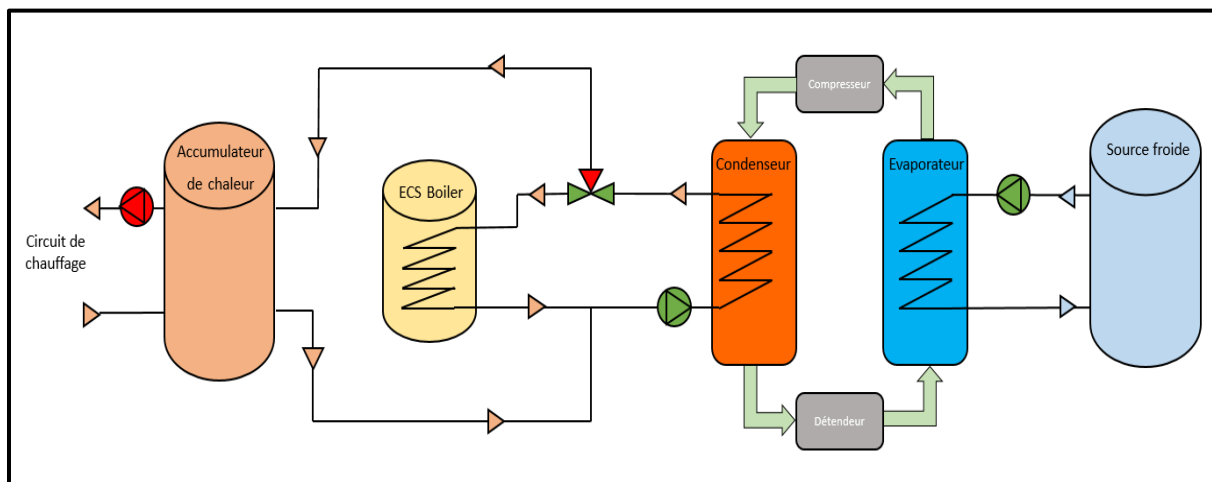


Figure 4 : Schéma de principe de l'installation présente en laboratoire

L'installation présente dans le laboratoire thermique de la Haute école d'ingénierie de Sion est un système possédant plusieurs réservoirs :

- Un réservoir d'eau froide
- Un réservoir d'eau pour le chauffage
- Un réservoir pour l'eau chaude sanitaire

Le réservoir froid simule notre environnement externe et est relié à la source froide de la pompe à chaleur. Les deux autres réservoirs sont reliés à la source chaude de cette même pompe. Un logiciel permet de contrôler les électrovannes installées. Ces dernières permettent de choisir quel réservoir de chaleur nous voulons utiliser (Eau de chauffage ou ECS). Les deux réservoirs n'ont pas la même capacité et n'ont pas la même température d'utilisation.

Le logiciel LabVIEW a été utilisé pour créer la page de contrôle de la pompe à chaleur. Les tests en laboratoire seront réalisés à l'aide de ce programme. (**ANNEXE 2**)

2.2. Système d'acquisition Hes

Pour ce projet, le système en question est un outil d'acquisition de données développé au sein de la Haute école d'ingénierie de Sion (Acquisition Hes). Une partie de cet outil est déjà fonctionnelle mais un grand travail doit encore être réalisé afin de supprimer les erreurs et faire fonctionner les différentes parties d'acquisition simultanément. Un outil de visualisation des résultats doit aussi être réalisé pour compléter le système d'acquisition.

Le système réfléchi est composé de différents capteurs qui permettent d'obtenir les valeurs utiles à la définition de la puissance thermique et électrique du système afin de déterminer le coefficient de performance des pompes à chaleur.

Tous les capteurs sont reliés de différentes manières à un Raspberry pi. Celui-ci sera notre ordinateur central du système.



Figure 5 : Raspberry pi 3b+

Le schéma global du système pensé est le suivant :

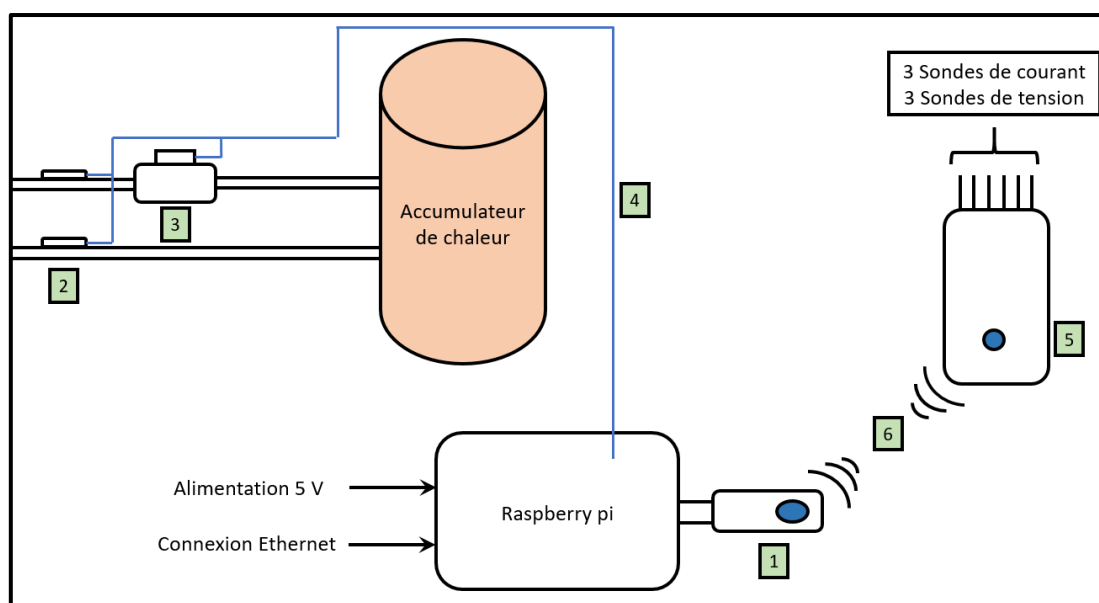


Figure 6 : Implémentation du système de mesure de puissance thermique (acquisition Hes)

1. Clef Z-stick pour connexion Z-wave
2. Sondes de température
3. Débitmètre à impulsions
4. Bus 1-wire
5. Capteur Aeotec de tension et de courant utilisant la technologie Z-wave.
6. Connexion entre le capteur Aeotec et la clef Z-stick en Z-wave

Pour définir le COP des installations, deux technologies seront utilisées :

- La technologie Z-wave pour acquérir les mesures de tension et de courant afin de déterminer la puissance électrique.
- La technologie 1-wire pour lire la valeur des sondes de température et le débitmètre.

Partie thermique

Les capteurs utilisés pour définir la puissance thermique sont les suivants :

- **Deux sondes de températures :**
Elles sont branchées sur le tuyau de départ (Température chaude) et de retour (Température froide) de la pompe à chaleur. Ces deux sondes nous permettent d'obtenir le ΔT entre le tuyau de départ et le tuyau de retour.
- **Débitmètre :**
Le débitmètre utilisé pour ce projet est un débitmètre à impulsions. Comme son nom l'indique, il donne une impulsion à chaque fois que 10 litres d'eau sont écoulés.



Image 1 : Débitmètre à impulsions

Pour obtenir tous les paramètres de la formule de la quantité de chaleur (chapitre 1.4 Quantité de chaleur), la capacité calorifique du liquide se trouvant dans les tuyaux doit aussi être connues. Dans notre cas, le liquide est de l'eau dont la capacité calorifique sera fixe et aura la valeur de $4185 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$.

L'installation des capteurs sur la pompe à chaleur sera réalisée de la manière suivante :

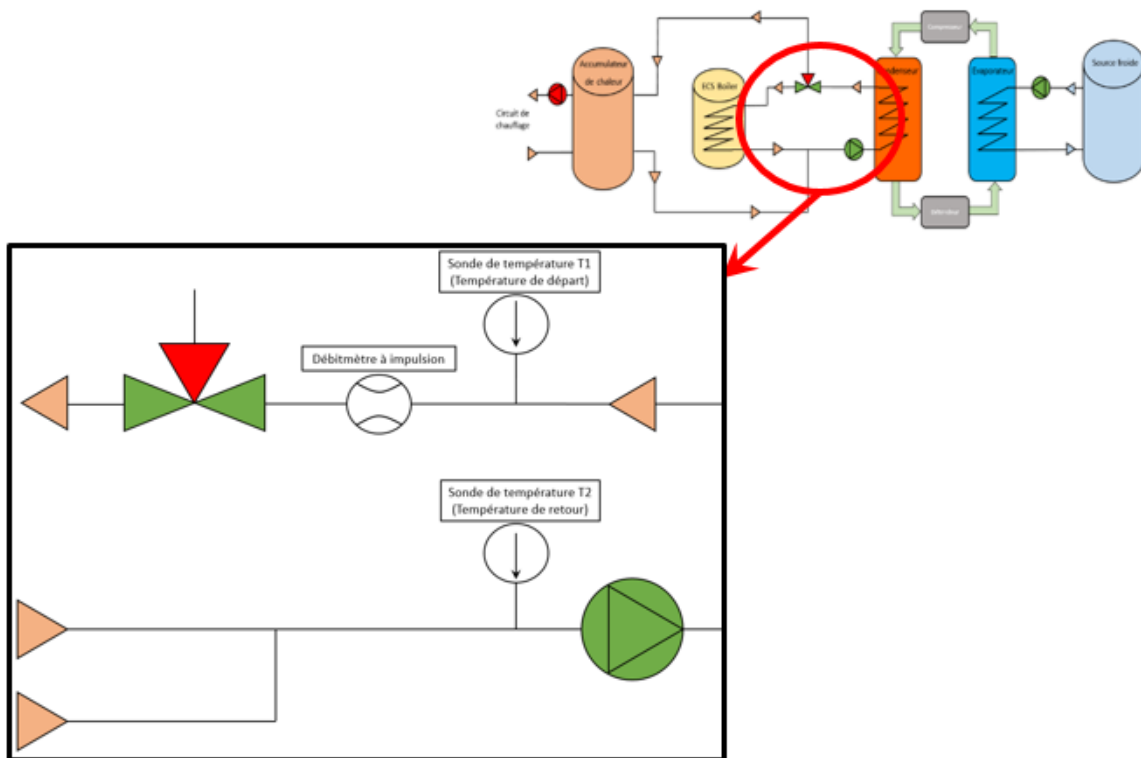


Figure 7 : Implémentation du système de mesure de puissance thermique (acquisition Hes)

Les deux sondes de températures sont fixées sur les tuyaux de départ et de retour de la pompe à chaleur avec des colliers de serrage. Le débitmètre à impulsion est, quant à lui, installé sur le tuyau de départ de l'installation.

Partie électrique

Afin de connaître la puissance électrique de la pompe à chaleur, des sondes de courant et de tension sont installées sur chaque phase. Le capteur utilisé pour cette mesure est un capteur AEOTEC fonctionnant avec la technologie Z-wave, sur lequel sont reliés trois sondes de courant et trois sondes de tension. Tous les capteurs utilisant la technologie Z-wave sont connectés au Raspberry pi grâce à une clef Z-Stick.



Image 2 : Capteur AEOTEC (mesure de la puissance électrique consommée par la PAC)

Pour mesurer le courant des phases, des TI sont utilisés. La mesure de tension, elle, est établie en se raccordant sur les bornes d'alimentation des différentes phases de la pompe à chaleur.

Une fois la tension et le courant de chaque phase connus, la puissance des différentes phases ainsi que la puissance totale peuvent être calculées.

2.3. Mise en forme de l'information

La mise en forme des données se construit de la manière suivante :

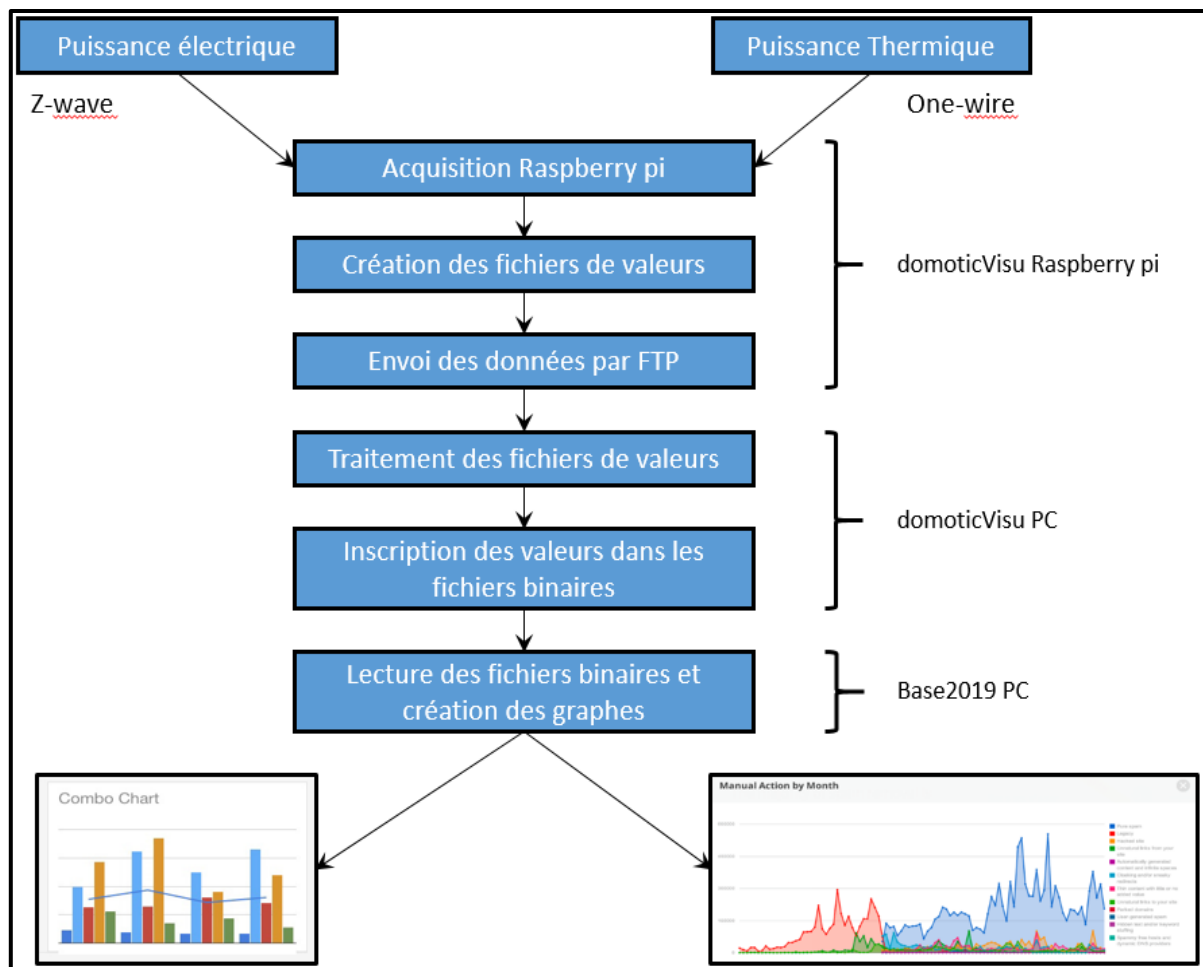


Figure 8 : Schéma de mise en forme des données de l'acquisition aux graphes

En vue d'installer le système développé sur plusieurs installations munies de pompes à chaleur, les différents processus de traitement de l'information, utilisés pour déterminer le Cop des machines, seront tous semblables. Le paramétrage des installations sera différent mais le processus sera identique.

Trois programmes réalisés à l'aide de Qt Creator devront tourner simultanément afin d'afficher en permanence les valeurs mesurées sur les installations.

Le programme Qt Creator présents sur le Raspberry pi et sur le PC (DomoticVisu2017) est semblable, mais celui-ci peut effectuer deux fonctions différentes. Pour chaque installation, un programme doit être en fonction sur le Raspberry pi et sur le PC. Ce programme permet de lire la valeur mesurée par les capteurs et de traiter les informations correctement.

Les trois programmes Qt Creator qui devront fonctionner simultanément afin d'afficher le COP des installations à analyser sont les suivants :

- **domoticVisu2017 sur Raspberry pi (Acquisition des valeurs des capteurs)**

domoticVisu2017 sur les Raspberry pi permet de lire les valeurs lues par les capteurs. Ces différentes valeurs sont ensuite inscrites dans un fichier log qui contient toutes les mesures lues des capteurs. Un transfert de ces fichiers sur un serveur ftp du PC, sur lequel est réalisé la mise en forme des données, est ensuite effectué. Cela permet de rassembler les informations des différentes installations au même endroit et d'avoir un enregistrement des données en cas de problème technique.

- **domoticVisu2017 sur PC (Traitement des fichier)**

domoticVisu2017 sur le PC est le même programme que celui présent sur le Raspberry pi mais n'a pas la même fonction. Il permet de lire les fichiers enregistrés sur le serveur ftp et de séparer les valeurs présentes dans des fichiers binaires. Un fichier binaire par capteur sera donc présent dans lequel seront inscrites toutes les valeurs mesurées du capteur en question.

- **base2019 (Affichage des graphes)**

Le fichier Base2019 a dû être entièrement programmé. Il permet de lire les valeurs inscrites dans les fichiers binaires et de créer des graphes en fonction du capteur voulu. Nous aurons donc un graphe par capteur.

2.4. Acquisition des données sur Raspberry pi

Comme expliqué plus haut, le programme Qt du Raspberry pi, permet de lire les valeurs des capteurs et de les inscrire dans des fichiers log. Ceux-ci sont ensuite envoyés via FTP dans un dossier se trouvant sur le PC utilisé.

L'interface utilisateur de Qt se présente sous la forme suivante :

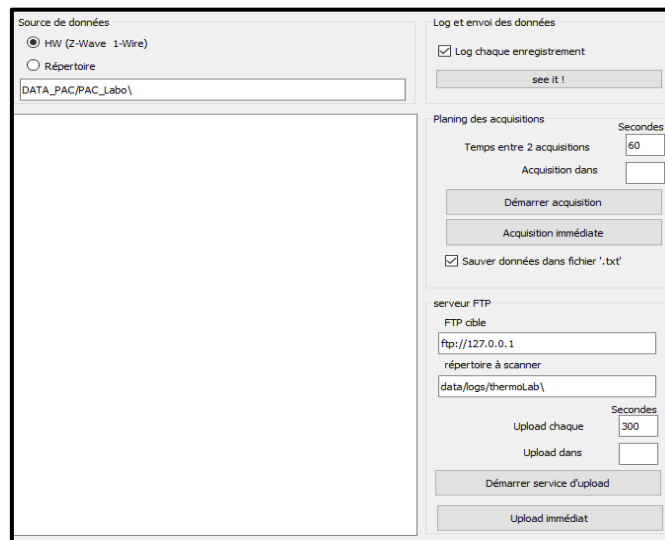


Figure 9 : Interface utilisateur d'acquisition Hardware des valeurs des différents capteurs

Pour acquérir les données, il faut sélectionner la source de données Hardware (HW), choisir un intervalle de temps pour une acquisition de données et un intervalle de temps pour le déplacement des fichiers sur le serveur ftp. Il faut ensuite démarrer le service d'Upload et l'acquisition.

Pour recevoir les données Hardware (HW) des différents capteurs de l'installation, plusieurs serveurs sont utilisés. Le premier est le **serveur OWFS**. Il permet de récupérer les données provenant du bus un fil (1-wire). Le second serveur est le **serveur Domoticz** permettant d'acquérir les données électriques qui sont amenées à notre Raspberry pi via le protocole de communication Z-wave). Les informations concernant les serveurs OWFS et Domoticz se trouvent en annexe (**ANNEXE 4 et 5**).

Le programme contenu dans domoticVisu2017 fonctionne sur le Raspberry de la manière suivante :

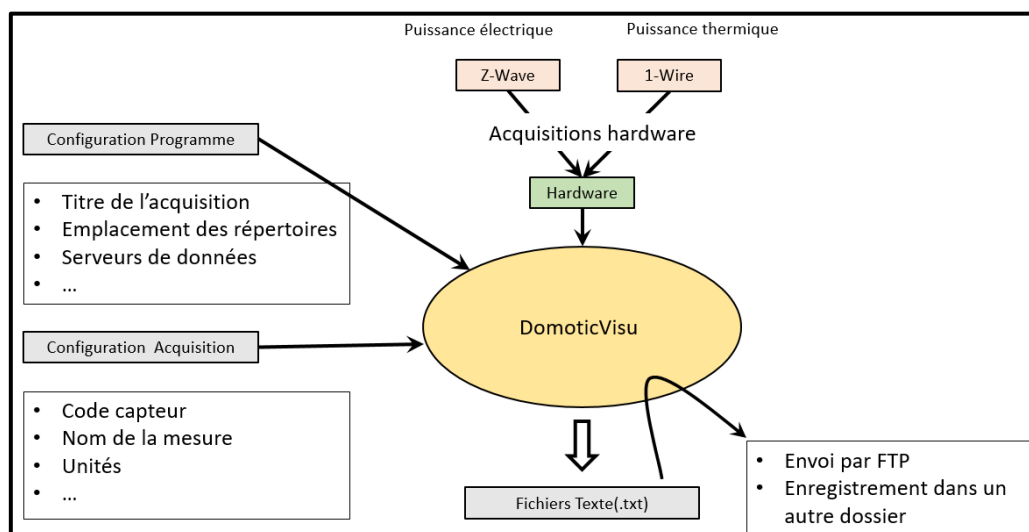


Figure 10 : Schéma de principe de l'acquisition des données

Au lancement du programme, celui-ci va lire deux fichiers de configuration dans lesquels sont inscrites les informations nécessaires à l'acquisition (Voir chapitre fichiers de configuration).

A intervalle régulier (peut être choisi dans le programme), les pages HTML des deux serveurs utilisés sont questionnées. Les valeurs des capteurs sont ainsi connues. Toutes les valeurs lues des capteurs sont ensuite inscrites dans un fichier log. A chaque intervalle de temps, un nouveau fichier est créé et enregistré.

Tous les fichiers de valeurs créés sont enregistrés dans un dossier du système d'exploitation. Ces fichiers logs sont construits de la même manière :

```

1 <acquisition>
2 <times act="1563876242" server="2019-07-23 12:04:02" sunrise="06:02" sunset="21:12" />
3 <measures protocol="z-wave" i="0" name="L1_I" id="0802" idx="16" subtype="CM113_Electrisave" lastupdate="2019-07-23 12:03:58" data="0.0 A" />
4 <measures protocol="z-wave" i="1" name="L2_I" id="0803" idx="20" subtype="CM113_Electrisave" lastupdate="2019-07-23 12:03:58" data="0.0 A" />
5 <measures protocol="z-wave" i="2" name="L3_I" id="0804" idx="24" subtype="CM113_Electrisave" lastupdate="2019-07-23 12:03:58" data="0.1 A" />
6 <measures protocol="z-wave" i="3" name="L1_U" id="00000802" idx="15" subtype="Voltage" lastupdate="2019-07-23 12:03:58" data="234.266 V" />
7 <measures protocol="z-wave" i="4" name="L2_U" id="00000803" idx="19" subtype="Voltage" lastupdate="2019-07-23 12:03:58" data="231.751 V" />
8 <measures protocol="z-wave" i="5" name="L3_U" id="00000804" idx="23" subtype="Voltage" lastupdate="2019-07-23 12:03:58" data="235.313 V" />
9 <measures protocol="z-wave" i="6" name="L1_E" id="00000802" idx="13" subtype="kWh" lastupdate="2019-07-23 12:03:59" data="51.169 kWh" />
10 <measures protocol="z-wave" i="7" name="L2_E" id="00000803" idx="17" subtype="kWh" lastupdate="2019-07-23 12:03:59" data="54.567 kWh" />
11 <measures protocol="z-wave" i="8" name="L3_E" id="00000804" idx="21" subtype="kWh" lastupdate="2019-07-23 12:03:59" data="75.785 kWh" />
12 <measures protocol="z-wave" i="9" name="L1_P" id="00000802" idx="14" subtype="Electric" lastupdate="2019-07-23 12:03:58" data="0 Watt" />
13 <measures protocol="z-wave" i="10" name="L2_P" id="00000803" idx="18" subtype="Electric" lastupdate="2019-07-23 12:03:58" data="0 Watt" />
14 <measures protocol="z-wave" i="11" name="L3_P" id="00000804" idx="22" subtype="Electric" lastupdate="2019-07-23 12:03:58" data="10.4 Watt" />
15 <measures protocol="1-wire" i="12" imax="30" name="Trasp" id="" idx="2000" subtype="1-wire(28)" lastupdate="2019-07-23 12:04:02" data="33.875000 C" />
16 <measures protocol="1-wire" i="13" imax="30" name="T1" id="" idx="2001" subtype="1-wire(28)" lastupdate="2019-07-23 12:04:02" data="37.812500 C" />
17 <measures protocol="1-wire" i="14" imax="30" name="T2" id="" idx="2002" subtype="1-wire(28)" lastupdate="2019-07-23 12:04:02" data="37.750000 C" />
18 <measures protocol="1-wire" i="15" imax="30" name="counter" id="" idx="2010" subtype="1-wire(1D)" lastupdate="2019-07-23 12:04:02" data="758.000000" />
19 </acquisition>

```

Figure 11 : Construction des fichiers de données

Les enregistrements se retrouvent dans le même dossier en attendant d'être transférés via ftp :

Name	Date modified	Type	Size
thermoLab_2019-07-23 12.02.58.log	23.07.2019 12:04	Text Document	3 KB
thermoLab_2019-07-23 12.04.02.log	23.07.2019 12:05	Text Document	3 KB
thermoLab_2019-07-23 12.05.06.log	23.07.2019 12:07	Text Document	3 KB
thermoLab_2019-07-23 12.06.09.log	23.07.2019 12:08	Text Document	3 KB
thermoLab_2019-07-23 12.07.13.log	23.07.2019 12:09	Text Document	3 KB
thermoLab_2019-07-23 12.08.17.log	23.07.2019 12:10	Text Document	3 KB
thermoLab_2019-07-23 12.09.23.log	23.07.2019 12:11	Text Document	3 KB

Figure 12 : Aperçu de la liste des fichiers et de la construction de leur nom

Le nom du fichier est composé du nom du projet suivi, de la date et de l'heure à laquelle le fichier a été créé. Ils sont tous enregistrés sous **/home/pi/ASQ/dev/domoticVisu2017\exe\Data\logs\thermoLab**.

Le programme va ensuite envoyer tous les fichiers contenus dans ce dossier par ftp sur un serveur se trouvant sur le PC utilisé pour effectuer le traitement des données. En transférant les fichiers, une copie est faite et enregistrée dans le Raspberry pi sous **/home/pi/ASQ/dev/domoticVisu2017\exe\Data\logs\thermoLabBackup**.

Les fichiers doivent ensuite être envoyés par ftp. Ainsi, à intervalle régulier (peut aussi être choisi dans le programme), les fichiers sont copiés dans un dossier appelé Backup et envoyé par FTP sur le PC où va être réalisée la mise en forme des données.

2.5. Fichiers de configurations

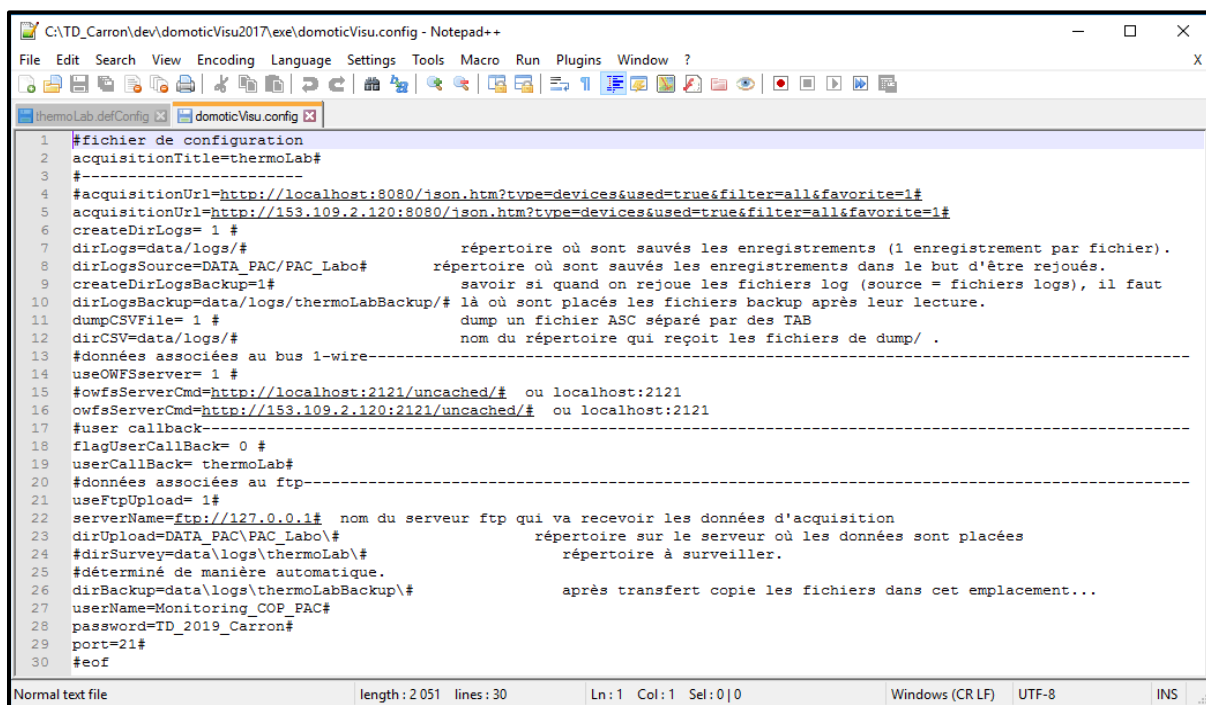
Pour chaque système, deux fichiers de configuration sont nécessaires.

Sur le premier se trouvent les informations importantes concernant les serveurs, les noms de l'installation, les noms et codes du serveur ftp etc. Ce fichier s'appelle **domoticVisu.config**. Il est utilisé pour configurer les informations dont le programme a besoin.

Le second fichier contient les informations nécessaires à la configuration des capteurs et à l'acquisition des données. Ce fichier s'appelle **thermoLab.defConfig**.

Configuration du programme

Le fichier de configuration du programme est le même pour les deux programmes domoticVisu2017 (Raspberry et PC). Ils ont les mêmes paramètres et portent le même nom.



```

1 #fichier de configuration
2 acquisitionTitle=thermoLab#
3 #
4 #acquisitionUrl=http://localhost:8080/ison.htm?type=devices&used=true&filter=all&favorite=1#
5 acquisitionUrl=http://153.109.2.120:8080/ison.htm?type=devices&used=true&filter=all&favorite=1#
6 createDirLogs= 1 #
7 dirLogs=data/logs/# répertoire où sont sauves les enregistrements (1 enregistrement par fichier).
8 dirLogsSource=DATA_PAC/PAC_Labo# répertoire où sont sauves les enregistrements dans le but d'être rejoués.
9 createDirLogsBackup=1# savoir si quand on rejoue les fichiers log (source = fichiers logs), il faut
10 dirLogsBackup=data/logs/thermoLabBackup/# là où sont placés les fichiers backup après leur lecture.
11 dumpCSVFile= 1 # dump un fichier ASC séparé par des TAB
12 dirCSV=data/logs/# nom du répertoire qui reçoit les fichiers de dump/ .
13 #données associées au bus 1-wire-----
14 useOWFSserver= 1 #
15 #owfsServerCmd=http://localhost:2121/uncached/# ou localhost:2121
16 owfsServerCmd=http://153.109.2.120:2121/uncached/# ou localhost:2121
17 #user callback-----
18 flagUserCallBack= 0 #
19 userCallBack= thermoLab#
20 #données associées au ftp-----
21 useFtpUpload= 1#
22 serverName=ftp://127.0.0.1# nom du serveur ftp qui va recevoir les données d'acquisition
23 dirUpload=DATA_PAC/PAC_Labo# répertoire sur le serveur où les données sont placées
24 #dirSurvey=data/logs/thermoLab/# répertoire à surveiller.
25 #déterminé de manière automatique.
26 dirBackup=data/logs/thermoLabBackup/# après transfert copie les fichiers dans cet emplacement...
27 userName=Monitoring_COP_PAC#
28 password=TD_2019_Carron#
29 port=21#
30 #eof
  
```

Figure 13 : Fichier de configuration du programme

Dans ce fichier de configuration, nous pouvons observer plusieurs parties. Au sommet, les informations concernant le projet avec son nom ainsi que les chemins des dossiers utiles (dossiers de création et de Backup des fichiers). Nous avons ensuite les adresses des serveurs utilisés (OWFS et Domoticz) et enfin, au fond de cette page de configuration, se trouvent tous les paramètres concernant le serveur ftp.

Cette page permet de ne pas avoir à modifier les informations directement dans les programmes Qt Creator, mais de modifier des pages textes. Cela va faciliter considérablement l'installation de nouveau monitoring de COP de pompe à chaleur.

Configuration de l'acquisition

Les fichiers de configurations de l'acquisition sont différents dans les deux programmes domoticVisu (Raspberry pi et PC). En effet, la première acquisition est faite pour lire les données provenant des capteurs (domoticVisu dans le Raspberry pi), et la seconde est utilisée pour lire les valeurs des capteurs inscrites dans les fichiers acquis, et créer des fichiers binaires de chaque capteur (domoticVisu sur le PC).

La configuration des capteurs est réalisée par l'intermédiaire d'un fichier de configuration de l'acquisition.

Dans cette configuration, trois différentes valeurs de protocole peuvent être lues :

- **Z-wave**
- **1-wire**
- **Computed**

Les acquisitions dont le protocole est « Computed » doivent être définies en fin de liste car elles peuvent utiliser les acquisitions précédentes (Z-wave et 1-wire) pour en déterminer une nouvelle.

Par exemple : si l'utilisateur veut connaître la quantité de chaleur délivrée par une pompe à chaleur, il doit connaître :

- Le débit d'eau chaude introduit dans le tuyau sortant de celle-ci
- La différence de température T_{aller} et T_{retour}

La différence de température sera créée par la définition du protocole « Computed » par l'appel à un callback d'une fonction définie dans le programme QT, dont le nom est dans la colonne « dec ». [9]

Tous les callbacks doivent être programmés sous forme de fonction dans le programme QT Creator (domVisu2017).

```

1455
1456 // -----
1457 ir = strcmp(dec,"toPtherm");
1458 if(ir==0){ trouve = 1;
1459     float c_eau = 4182.0; // chaleur massique de l'eau
1460     float debit;
1461     float dT12,pThermique;
1462
1463     int iAcq = -1;
1464     int iAcq0 = -1;
1465     int iConfig,iConfigDiffT,iConfigDebit;
1466
1467     ir = GetRefAcquisConfig("counter","toCounterOWFS",&iAcq0,&iConfig); // pour avoir l'heure de l'acquisition (head)
1468     if(ir<0) ASQText("Tag acquisition 'counter' fonction 'toCounterOWFS' non définis dans le fichier de configuration.");
1469
1470     ir = GetRefAcquisConfig("Debit","toDebit",&iAcq,&iConfigDebit);
1471     if(ir<0) ASQText("Tag acquisition 'Debit' fonction 'toDebit' non définis dans le fichier de configuration.");
1472
1473     ir = GetRefAcquisConfig("DeltaT","toDelta",&iAcq,&iConfigDiffT);
1474     if(ir<0) ASQText("Tag acquisition 'DeltaT' fonction 'toDelta' non définis dans le fichier de configuration.");
1475
1476     debit = lastMes[iConfigDebit].value; // débit massique kg/s
1477     dT12 = lastMes[iConfigDiffT].value;
1478     pThermique = c_eau * debit * dT12 / 1000.;
1479     RenseigneMes(&this->lastAcquis[iAcq0],mes,"Ptherm","toPtherm",pThermique,"%-.3f %s","kW");
1480     mes->valide = lastMes[iConfigDebit].valide;
1481 }
  
```

Figure 14 : Exemple de programmation Qt de la fonction calculant la puissance thermique

thermoLab.defConfig sur Raspberry pi

Dans le fichier de configuration **thermoLab.defConfig** du Raspberry pi se trouvent tous les capteurs utilisés et présents sur l'installation. Chaque ligne de ce fichier correspond à une mesure. Il y a en tout 12 capteurs utilisant la technologie Z-Wave et 4 capteurs utilisant la technologie 1-wire. Le fichier de configuration contient donc uniquement les configurations des capteurs présents sur les installations. Ce fichier de configuration ne contient pas d'acquisitions Computed car ces dernières ne sont pas faites sur les installations, mais uniquement lors du traitement des fichiers sur le PC.

Le fichier de configuration de l'acquisition sur le Raspberry pi est composé de la manière suivante :

```

1 #config      protocol      code=          idx=          name=          dec1=          calibration=    unit=
2 # =====
3 <config      protocol="Z-wave"    code="0802"      idx=16        name="L1_I"     dec="toCurrent"  calibre=""       unit="A" />
4 <config      protocol="Z-wave"    code="0803"      idx=20        name="L2_I"     dec="toCurrent"  calibre=""       unit="A" />
5 <config      protocol="Z-wave"    code="0804"      idx=24        name="L3_I"     dec="toCurrent"  calibre=""       unit="A" />
6 <config      protocol="Z-wave"    code="00000802"  idx=15        name="L1_U"     dec="toVolt"     calibre=""       unit="V" />
7 <config      protocol="Z-wave"    code="00000803"  idx=19        name="L2_U"     dec="toVolt"     calibre=""       unit="V" />
8 <config      protocol="Z-wave"    code="00000804"  idx=23        name="L3_U"     dec="toVolt"     calibre=""       unit="V" />
9 <config      protocol="Z-wave"    code="00000802"  idx=13        name="L1_E"     dec="toEner"     calibre=""       unit="kWh" />
10 <config      protocol="Z-wave"    code="00000803"  idx=17        name="L2_E"     dec="toEner"     calibre=""       unit="kWh" />
11 <config      protocol="Z-wave"    code="00000804"  idx=21        name="L3_E"     dec="toEner"     calibre=""       unit="kWh" />
12 <config      protocol="Z-wave"    code="00000802"  idx=14        name="L1_P"     dec="toPower"    calibre=""       unit="W" />
13 <config      protocol="Z-wave"    code="00000803"  idx=18        name="L2_P"     dec="toPower"    calibre=""       unit="W" />
14 <config      protocol="Z-wave"    code="00000804"  idx=22        name="L3_P"     dec="toPower"    calibre=""       unit="W" />
15 <config      protocol="1-wire"     code="28.EE75F281601"  idx=2000      name="Trasp"     dec="toTempOWFS" calibre=""       unit="C" />
16 <config      protocol="1-wire"     code="28.FF15E2911605"  idx=2001      name="T1"        dec="toTempOWFS" calibre="FF15E2911605" unit="C" />
17 <config      protocol="1-wire"     code="28.FF3BDE911605"  idx=2002      name="T2"        dec="toTempOWFS" calibre="FF3BDE911605" unit="C" />
18 <config      protocol="1-wire"     code="1D.1F9C0F000000"  idx=2010      name="counter"   dec="toCounterOWFS" calibre="GWF"    unit="[]" />
19 #eof
20
21

```

Figure 15 : Fichier de configuration acquisition sur Raspberry pi

Le nom des capteurs doit être inscrit dans ce fichier afin de savoir quel capteur est lu.

thermoLab.defConfig sur PC

Dans le fichier de configuration **thermoLab.defConfig** du PC se trouvent les mêmes données que celles présentes dans le Raspberry pi auxquelles sont ajoutées des mesures créées (mesures avec protocole Computed). Ces mesures sont donc calculées grâce aux valeurs des capteurs, comme expliqué plus haut.

Le fichier de configuration sur le PC est composé de la manière suivante :

```

1 #config
2 # =====
3 <config protocol="Z-wave" code="0802" idx=16 name="L1_I" dec="toCurrent" calibration="" unit="A" />
4 <config protocol="Z-wave" code="0803" idx=20 name="L2_I" dec="toCurrent" calibration="" unit="A" />
5 <config protocol="Z-wave" code="0804" idx=24 name="L3_I" dec="toCurrent" calibration="" unit="A" />
6 <config protocol="Z-wave" code="00000802" idx=15 name="L1_U" dec="toVolt" calibration="" unit="V" />
7 <config protocol="Z-wave" code="00000803" idx=19 name="L2_U" dec="toVolt" calibration="" unit="V" />
8 <config protocol="Z-wave" code="00000804" idx=23 name="L3_U" dec="toVolt" calibration="" unit="V" />
9 <config protocol="Z-wave" code="00000802" idx=13 name="L1_E" dec="toEner" calibration="" unit="kWh" />
10 <config protocol="Z-wave" code="00000803" idx=17 name="L2_E" dec="toEner" calibration="" unit="kWh" />
11 <config protocol="Z-wave" code="00000804" idx=21 name="L3_E" dec="toEner" calibration="" unit="kWh" />
12 <config protocol="Z-wave" code="00000802" idx=14 name="L1_P" dec="toPower" calibration="" unit="W" />
13 <config protocol="Z-wave" code="00000803" idx=18 name="L2_P" dec="toPower" calibration="" unit="W" />
14 <config protocol="Z-wave" code="00000804" idx=22 name="L3_P" dec="toPower" calibration="" unit="W" />
15 <config protocol="1-wire" code="28.EEE75F281601" idx=2000 name="Trasp" dec="toTempOWFS" calibration="" unit="[C]" />
16 <config protocol="1-wire" code="28.FF15E2911605" idx=2001 name="T1" dec="toTempOWFS" calibration="FF15E2911605" unit="[C]" />
17 <config protocol="1-wire" code="28.FF3BDE911605" idx=2002 name="T2" dec="toTempOWFS" calibration="FF3BDE911605" unit="[C]" />
18 <config protocol="1-wire" code="1D.1F9C0F000000" idx=2010 name="counter" dec="toCounterOWFS" calibration="GWF" unit="[" />
19 <config protocol="COMPUTED" code="COMPUTED" idx=3000 name="Eprod" dec="toEprod" calibration="" unit="[kWh]" />
20 <config protocol="COMPUTED" code="COMPUTED" idx=3001 name="Eprod_0" dec="toEprod_0" calibration="" unit="[kWh]" />
21 <config protocol="COMPUTED" code="COMPUTED" idx=3002 name="EprodT" dec="toEprodT" calibration="" unit="[kWh]" />
22 <config protocol="COMPUTED" code="COMPUTED" idx=3003 name="DeltaT" dec="toDeltaT" calibration="" unit="[C]" />
23 <config protocol="COMPUTED" code="COMPUTED" idx=3004 name="DeltaM" dec="toDeltaM" calibration="" unit="[l]" />
24 <config protocol="COMPUTED" code="COMPUTED" idx=3005 name="DeltaTime" dec="toDeltaTime" calibration="" unit="[s]" />
25 <config protocol="COMPUTED" code="COMPUTED" idx=3006 name="Debit" dec="toDebit" calibration="" unit="[l/s]" />
26 <config protocol="COMPUTED" code="COMPUTED" idx=3007 name="Ethern_0" dec="toEthern_0" calibration="" unit="[kWh]" />
27 <config protocol="COMPUTED" code="COMPUTED" idx=3008 name="Ethern" dec="toEthern" calibration="" unit="[kWh]" />
28 <config protocol="COMPUTED" code="COMPUTED" idx=3010 name="COP_0" dec="toCOP_0" calibration="" unit="[" />
29 <config protocol="COMPUTED" code="COMPUTED" idx=3012 name="COP_P35" dec="toCOP_P35" calibration="" unit="[" />
30 <config protocol="COMPUTED" code="COMPUTED" idx=3013 name="COP_M35" dec="toCOP_M35" calibration="" unit="[" />
31 <config protocol="COMPUTED" code="COMPUTED" idx=3015 name="COP_Carnot" dec="toCOP_Carnot" calibration="" unit="[" />
32 <config protocol="COMPUTED" code="COMPUTED" idx=3016 name="RUN_Number" dec="toRUN_Number" calibration="" unit="[" />
33 <config protocol="COMPUTED" code="COMPUTED" idx=3017 name="COP_Inscan" dec="toCOP_Inscan" calibration="" unit="[" />
34 #eof

```

Figure 16 : Fichier de configuration du traitement des données sur PC

On observe des protocoles COMPUTED. Ceux-ci nous permettent d'obtenir les mesures intéressantes et utilisables à l'aide de valeurs lues par les protocoles Z-wave et 1-wire.

Les protocoles Computed utilisés sont les suivants :

- **Eprod**
Utilise les valeurs des capteurs d'énergie des trois phases et les additionne. On connaît ainsi l'énergie électrique totale consommée par la pompe à chaleur du système.
- **Eprod_0**
Additionne toutes les énergies produites (Eprod) afin de déterminer l'énergie électrique totale consommée par la pompe à chaleur depuis le début de fonctionnement du programme d'acquisition.
- **Pprod**
Utilise la valeur des trois puissances mesurées sur les trois phases et les additionne. On obtient ainsi la puissance électrique totale consommée par la pompe à chaleur.
- **DeltaT**
Prends la valeur de température de départ et la température de retour et fait la soustraction des deux valeurs. On obtient ainsi le ΔT de la pompe à chaleur.
- **DeltaM**
Utilise la valeur du compteur et sa valeur précédente. Cela permet de savoir combien d'impulsions ont été lues durant l'intervalle de temps DeltaTime
- **DeltaTime**

Regarde l'heure d'acquisition précédente et l'heure de la nouvelle afin de définir l'intervalle de temps en secondes entre deux acquisitions.

- **Débit**
Utilise la valeur du compteur et la valeur de Delta Time afin de connaître le débit écoulé entre deux acquisitions.
- **Etherm_0**
Additionne l'énergie thermique produite (Ptherm) et l'intervalle de temps DeltaTime afin de déterminer l'énergie thermique totale produite par la pompe à chaleur depuis le début de fonctionnement du programme d'acquisition.
- **Ptherm**
Utilise la différence de température et le débit afin de déterminer la puissance thermique produite par la pompe à chaleur.
- **COP_O**
Utilise l'énergie électrique totale consommée par la pompe à chaleur (Eprod_0) et l'énergie thermique totale produite (Etherm_0) afin de déterminer le COP global de la pompe à chaleur.
- **COP_P35**
Détermine le COP de la pompe à chaleur si la température de départ est inférieure à 35°C, soit si le cycle est un cycle d'eau de chauffage.
- **COP_M35**
Détermine le COP de la pompe à chaleur si la température de départ est supérieure à 35°C, soit si le cycle est un cycle d'eau chaude sanitaire.
- **COP_Carnot**
Utilise la température de départ et la température de retour afin de déterminer le COP de Carnot (Voir chapitre fonctionnement d'une PAC)
- **RUN_Number**
Utilise les valeurs de puissances de l'installation et permet de compter combien de run ont été réalisés depuis la mise en marche de l'acquisition.
- **COP_Instan**
Utilise la puissance électrique produite (Pprod) et la puissance thermique produite (Ptherm) pour définir le COP instantané de l'installation.

2.6. Serveur ftp

Un serveur ftp est nécessaire pour réaliser ce projet. En effet, les données de chaque pompe à chaleur devront être envoyées dans un sous dossier du serveur ftp créé. Pour ce projet, le logiciel gratuit Filezilla a été utilisé pour créer notre serveur ftp.

Filezilla nous permet de créer un serveur ftp sur notre ordinateur. Le dossier dans lequel les données seront enregistrées s'appelle DATA_PAC. Dans ce dossier se trouvent les différents sous dossiers des pompes à chaleur utilisées :

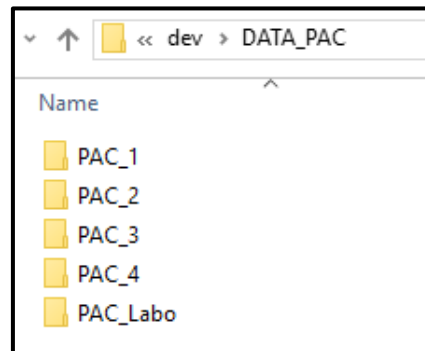


Figure 17 : Architecture des dossiers d'enregistrement des données

Les fichiers logs de chaque installation sont enregistrées dans leur sous dossier correspondant. Pour que le serveur ftp fonctionne, la connexion Filezilla doit être active.

Les paramètres du compte Filezilla sont les suivants :

Nom d'utilisateur : **Monitoring_COP_PAC**

Mot de passe : **TD_2019_Carron**

Le nom d'utilisateur et le mot de passe doivent être connus et inscrits dans le fichier de configuration du programme. Sans ces paramètres, l'envoi des fichiers par ftp ne peut pas avoir lieu.

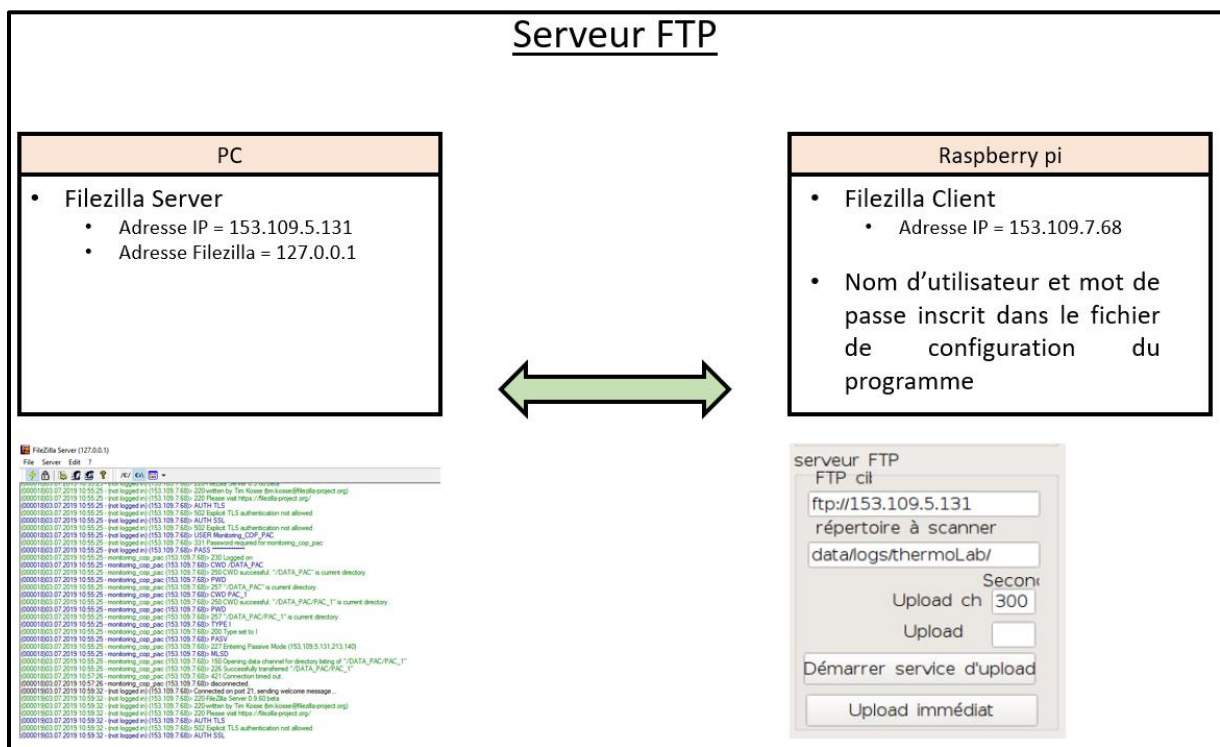


Figure 18 : Configuration Filezilla (Serveur FTP)

Lorsque le transfert de fichier est lancé, le fichier de configuration du programme va insérer automatiquement les paramètres lus dans la configuration de l'interface utilisateur (en bas à droite de l'image ci-dessus). Ce sont ces paramètres qui vont permettre la connexion entre le PC et les différentes installations de monitoring de COP.

Il faut toujours s'assurer que la connexion internet de notre Raspberry soit présente pour que le transfert des fichiers s'effectue. Sans cette connexion, la liaison FTP ne peut pas être établie.

Lorsqu'un transfert FTP est réalisé, les paramètres du transfert sont inscrits dans la fenêtre du programme Filezilla ce qui nous permet de contrôler que la liaison est effectuée correctement (en bas à gauche de l'image ci-dessus).

2.7. Traitement des fichiers acquis

Lorsque les données sont acquises sur le PC, il est nécessaire de traiter les fichiers ~~acquis~~. En effet sur ces derniers se trouvent les valeurs à un instant précis de tous les capteurs. Pour cela, le domoticVisu2017 présent pour chaque installation sur le PC est utilisé. Le programme va chercher les fichiers log du système pour lequel il fonctionne dans son dossier FTP correspondant. Il lit ensuite les logs les uns après les autres et sépare les données de chaque capteur. Chaque information de capteur différente est mise dans son propre fichier binaire.

L'interface utilisateur permettant d'exécuter cette fonction est la suivante :

Figure 19 : Interface utilisateur d'acquisition Hardware des valeurs des différents capteurs

On sélectionne le répertoire dans lequel les fichiers logs sont enregistrés. A intervalle régulier, le programme va donc lire le dossier et regarder si des fichiers log sont présents. Si oui, ils sont lus et les valeurs sont inscrites dans le fichier binaire correspondant à la mesure lue. Après lecture, les fichiers sont enregistrés dans le dossier thermolabBackup de domoticVisu2017. L'enregistrement s'effectue de la même manière et dans le dossier de même chemin que lors de l'acquisition du Raspberry pi.

Les données sont séparées de la manière suivante :

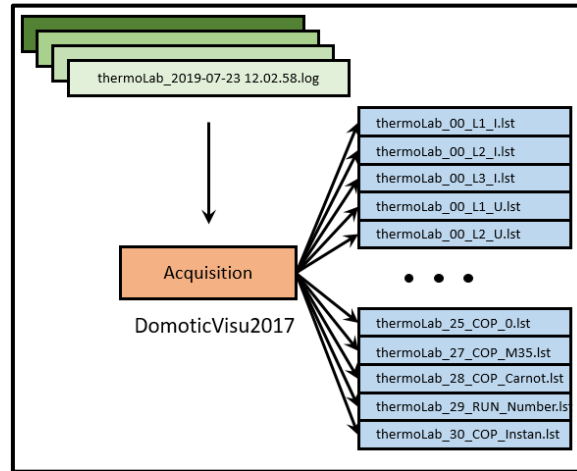


Figure 20 : Méthode de séparation des données de chaque capteur

La fonction de domoticVisu2017 sur le PC consiste donc uniquement à séparer les données lues. Et de créer des fichiers binaires correspondant au nom de la mesure.

Des listes binaires de chaque capteur sont ensuite créées :

TD_Carron > dev > domoticVisu2017 > exe > Data > thermoLab				
Name	Date modified	Type	Size	
thermoLab_00_L1_I.lst	30.07.2019 11:09	Disc Image File	9 KB	
thermoLab_01_L2_I.lst	30.07.2019 11:09	Disc Image File	9 KB	
thermoLab_02_L3_I.lst	30.07.2019 11:09	Disc Image File	9 KB	
thermoLab_03_L1_U.lst	30.07.2019 11:09	Disc Image File	9 KB	
thermoLab_04_L2_U.lst	30.07.2019 11:09	Disc Image File	9 KB	
thermoLab_05_L3_U.lst	30.07.2019 11:09	Disc Image File	9 KB	
thermoLab_06_L1_E.lst	30.07.2019 11:09	Disc Image File	9 KB	
thermoLab_07_L2_E.lst	30.07.2019 11:09	Disc Image File	9 KB	
thermoLab_08_L3_E.lst	30.07.2019 11:09	Disc Image File	9 KB	
thermoLab_09_L1_P.lst	30.07.2019 11:09	Disc Image File	9 KB	
thermoLab_10_L2_P.lst	30.07.2019 11:09	Disc Image File	9 KB	
thermoLab_11_L3_P.lst	30.07.2019 11:09	Disc Image File	9 KB	
thermoLab_12_Trasp.lst	30.07.2019 11:09	Disc Image File	9 KB	
thermoLab_13_T1.lst	30.07.2019 11:09	Disc Image File	9 KB	
thermoLab_14_T2.lst	30.07.2019 11:09	Disc Image File	9 KB	
thermoLab_15_counter.lst	30.07.2019 11:09	Disc Image File	9 KB	
thermoLab_16_Eprod.lst	30.07.2019 11:09	Disc Image File	9 KB	
thermoLab_17_Eprod_0.lst	30.07.2019 11:09	Disc Image File	9 KB	
thermoLab_18_Pprod.lst	30.07.2019 11:09	Disc Image File	9 KB	
thermoLab_19_DeltaT.lst	30.07.2019 11:09	Disc Image File	9 KB	
thermoLab_20_DeltaM.lst	30.07.2019 11:09	Disc Image File	9 KB	
thermoLab_21_DeltaTime.lst	30.07.2019 11:09	Disc Image File	9 KB	
thermoLab_22_Debit.lst	30.07.2019 11:09	Disc Image File	9 KB	
thermoLab_23_Etherm_0.lst	30.07.2019 11:09	Disc Image File	9 KB	
thermoLab_24_Ptherm.lst	30.07.2019 11:09	Disc Image File	9 KB	
thermoLab_25_COP_0.lst	30.07.2019 11:09	Disc Image File	8 KB	
thermoLab_27_COP_M35.lst	30.07.2019 11:09	Disc Image File	8 KB	
thermoLab_28_COP_Carnot.lst	30.07.2019 11:09	Disc Image File	9 KB	
thermoLab_29_RUN_Number.lst	30.07.2019 11:09	Disc Image File	9 KB	
thermoLab_30_COP_Instan.lst	30.07.2019 11:09	Disc Image File	9 KB	

Figure 21 : Listes binaires créées après exécution du programme domoticVisu

2.8. Affichages graphiques des COP

Pour afficher le COP des différentes pompes à chaleur, un programme réalisé sur Qt Creator, appelé Base2019, a été réalisé. Ce dernier nous permet d'afficher tous les graphiques concernant une installation. Il suffit de cliquer sur l'installation voulue et les graphes sont créés.

Un temps peut être choisi afin de faire tourner le programme à intervalle régulier. Cela permet de mettre à jour les graphiques automatiquement sans devoir relancer le programme à chaque fois.

Le programme qui permet d'afficher les graphes est de la forme suivante :

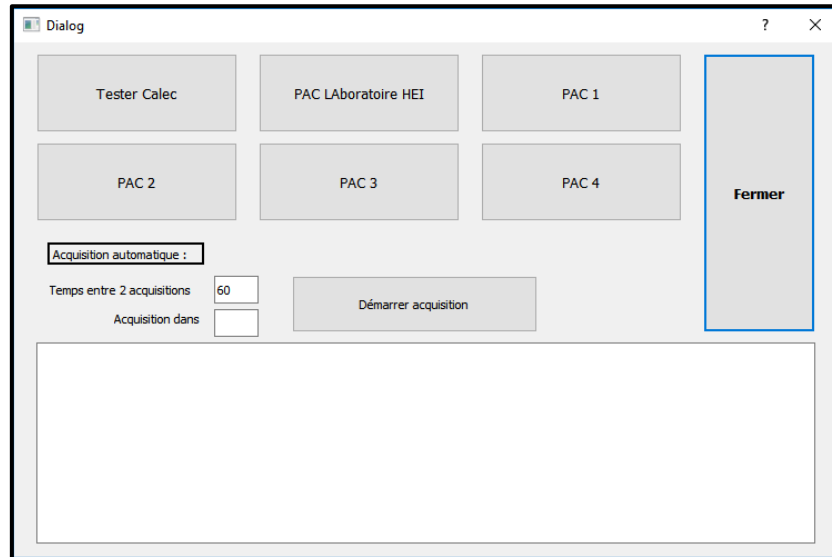


Figure 22 : Interface utilisateur de visualisation des graphes

L'interface utilisateur possède plusieurs boutons. Pour ce projet, les deux premiers (Tester Caltec et PAC Laboratoire HEI) ont été utilisés. Ce sont les deux systèmes qui ont été comparés. Quand le projet en cours sera terminé, ces deux boutons pourront être supprimés et ne seront plus nécessaires.

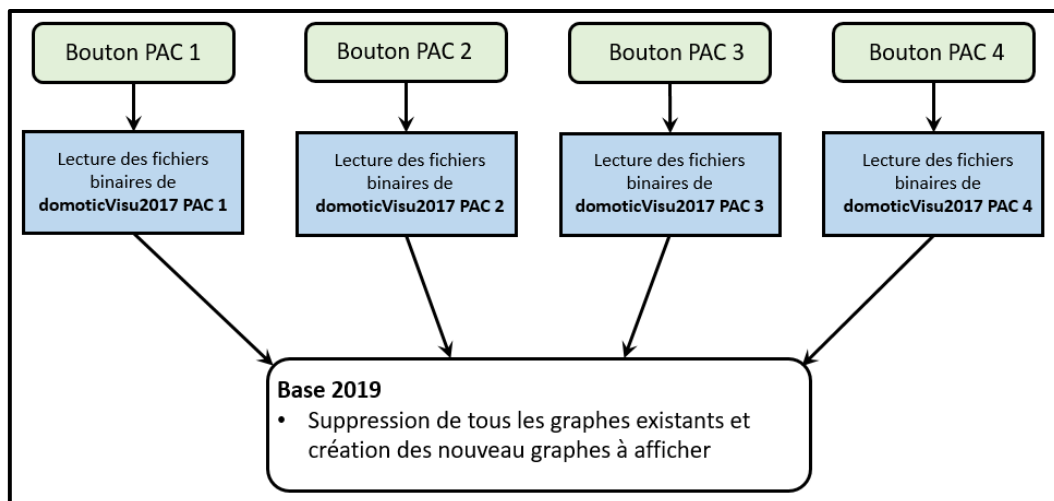


Figure 23 : Procédure de mise en forme des graphes

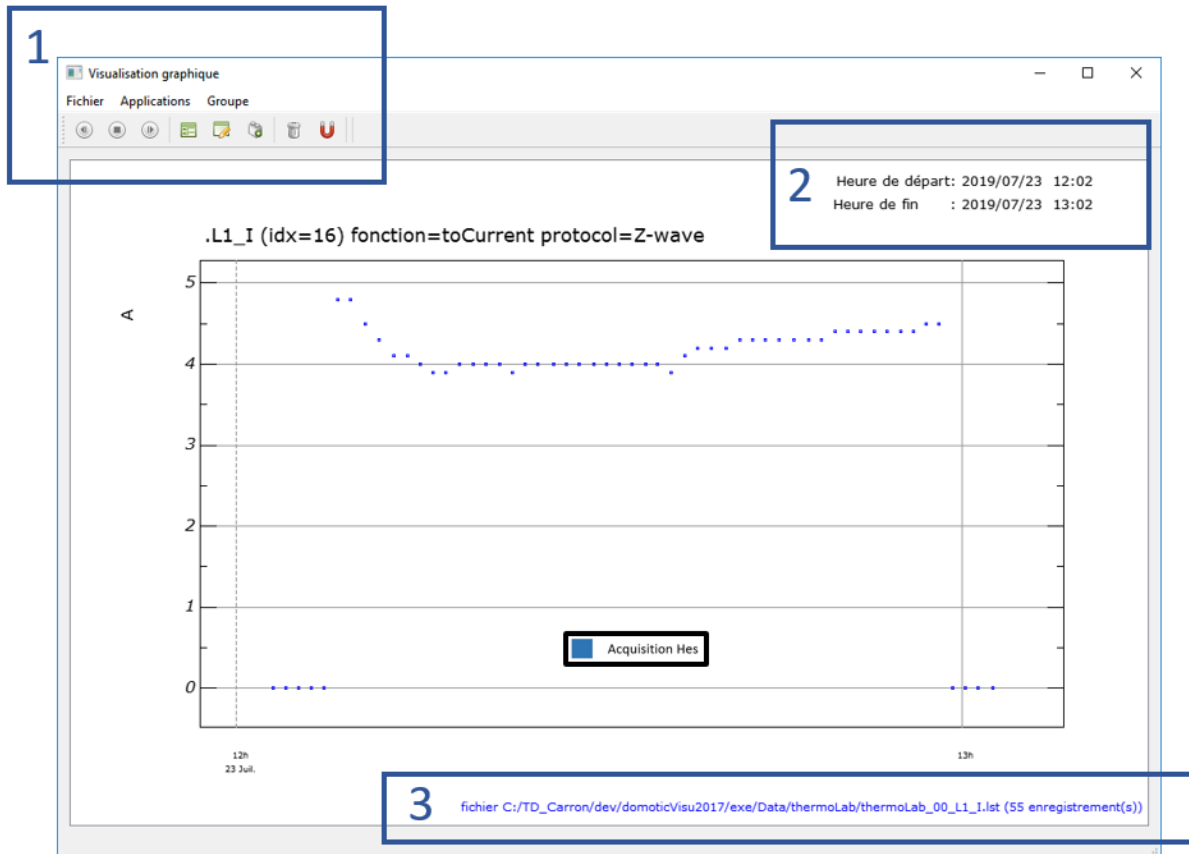
Quand une installation est sélectionnée, les fichiers binaires du programme domoticVisu2017 de l'installation en question sont lus et les graphes sont créés.

Deux types de graphiques peuvent être affichés :

- Un graphe seul
- Une superposition de plusieurs graphes

Les graphes simples sont des affichages d'une seule mesure. Ces dernières peuvent avoir le protocole Z-wave, 1-Wire ou encore computed. Un exemple de tous les graphes disponibles à l'aide du programme Qt est présenté en **ANNEXE 11**.

Les graphes seuls sont affichés de la manière suivante :



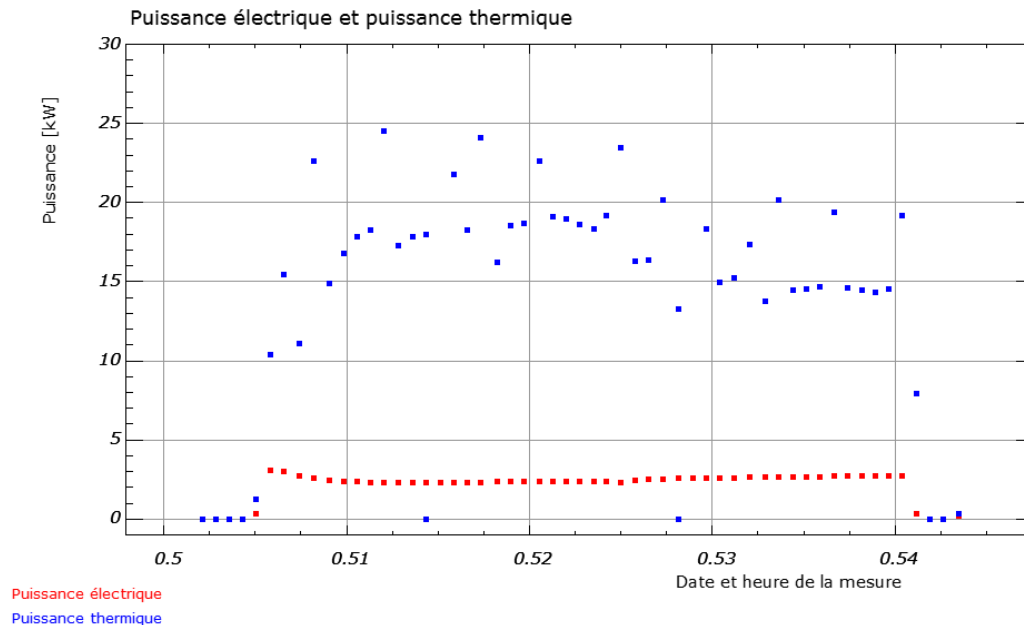
Graphique 1 : Exemple d'affichage d'un graphe

1. Les paramètres de visualisation graphique permettent de choisir quel graphe afficher. Un outil nous permet aussi de superposer manuellement des graphes et d'afficher des statistiques concernant les valeurs représentées.
2. L'heure de la première acquisition ainsi que l'heure de la dernière acquisition sont affichés dans le coin supérieur droit du graphique. Cela nous permet de connaître plus précisément l'heure du début de l'affichage graphique ainsi que l'heure de fin.
3. Le chemin d'accès aux valeurs lues est affiché afin de savoir plus précisément quelles données sont représentées.

Pour faciliter la visualisation de certaines valeurs, des superpositions de graphes ont été réalisées. Il y en a trois en tout.

Première superposition :

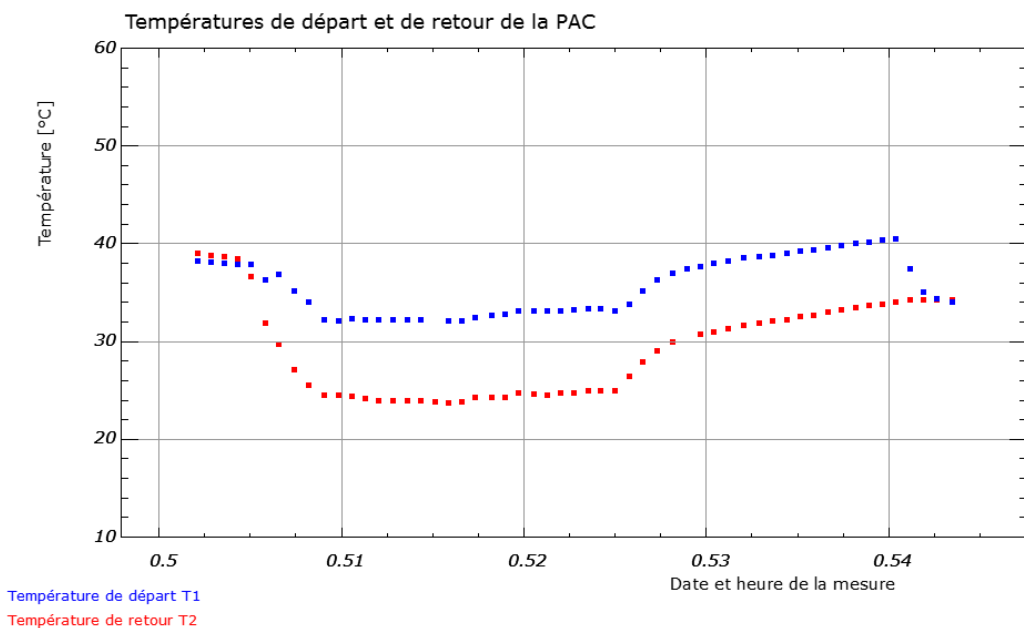
La première superposition est une superposition des puissances thermiques et électriques. Cela nous permet de pouvoir observer et approximer le COP d'un run. Cette affichage est sous la forme suivante :



Graphique 2 : Superposition de la puissance électrique et thermique

Seconde superposition :

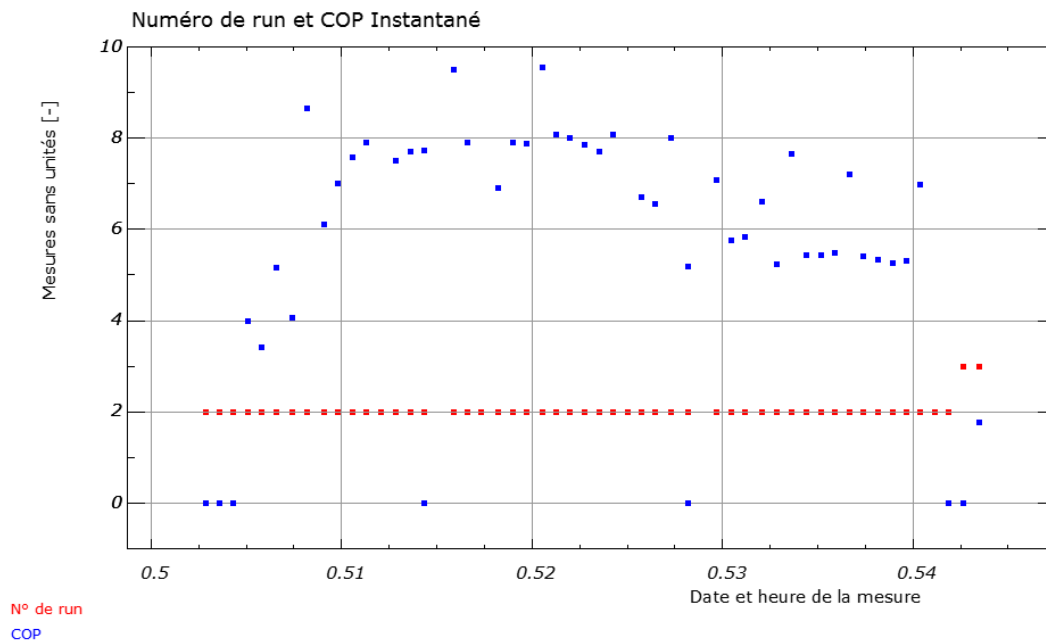
La seconde superposition met les graphes de température de départ et de retour ensemble. L'affichage des températures nous permet de savoir le mode de fonctionnement : eau chaude sanitaire ou en mode eau de chauffage.



Graphique 3 : Superposition de la température de départ et de retour

Troisième superposition :

La dernière superposition nous indique le nombre de fois ou la pompe à chaleur a réalisé un cycle de chauffe, ainsi que le COP instantané mesuré.



Graphique 4 : Superposition du COP instantané et du numéro de run

Ces trois superpositions sont les graphes que nous souhaiterions avoir avec un affichage amélioré. A l'aide de ces trois graphes, les informations principales concernant les différents cycles de la pompe à chaleur peuvent être connues.

2.9. Comparaison des COP des deux systèmes

Procédure de mesure des COP

Pour comparer les coefficients de performance des deux systèmes d'acquisition, plusieurs séries de mesures ont été réalisées. Ces séries de mesures sont appelées des runs. Pour chacune de ces mesures, les deux systèmes d'acquisitions ont été utilisés (Calec et Hes). Grâce à ces deux systèmes de mesure, l'énergie thermique ainsi que l'énergie électrique ont été mesurées de deux manières différentes. Il a fallu ensuite comparer les valeurs obtenues par les deux appareils afin de pouvoir définir la précision du système Hes. Pour analyser la précision, le système Calec est considéré comme l'appareil calibré et toutes les valeurs se réfèrent à ce système.

Pour comparer les deux systèmes d'acquisition, 5 runs ont été joués avec des paramètres différents (ANNEXE 10).

Calcul d'erreur

Erreur des sondes de températures : $\pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$

Erreur du débitmètre à impulsions : $\pm 3\%$

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T = m \cdot c \cdot (T_1 - T_2)$$

$$|\Delta Q| = |Q \cdot (m + \Delta m, T_1 + \Delta T_1, T_2 + \Delta T_2) - Q \cdot (m, T_1, T_2)|$$

$$\approx \left| \frac{\partial Q}{\partial m} \cdot \Delta m + \frac{\partial Q}{\partial T_1} \cdot \Delta T_1 - \frac{\partial Q}{\partial T_2} \cdot \Delta T_2 \right| \approx \left| \frac{\partial Q}{\partial m} \cdot m \cdot 0.03 + \frac{\partial Q}{\partial T_1} \cdot 0.5 - \frac{\partial Q}{\partial T_2} \cdot 0.5 \right|$$

$$\frac{\Delta Q}{Q} = \frac{m \cdot c \cdot \Delta T \cdot 3\% + 1 \cdot m \cdot c}{m \cdot c \cdot \Delta T}$$

$$= 3\% + \frac{1}{\Delta T}$$

Avec une valeur ΔT max d'environ 8°C , l'erreur maximale est donc de :

$$= 3\% + \frac{1}{9} = 15.5\%$$

Résultats sans traitement de données

Après avoir exécuté les runs différents, il a fallu analyser les valeurs. Pour comparer les deux systèmes, l'intégrale de la puissance électrique et de la puissance thermique des deux systèmes a été calculée. Les valeurs ont ensuite pu être analysées.

Le tableau ci-dessous contient les résultats d'énergie thermique et électrique obtenus par les deux systèmes avant amélioration :

	Résultats sans améliorations							
	Calec			Hes			Δ COP	Erreur [%]
	Energie Electrique [kWh]	Energie Thermique [kWh]	COP	Energie Electrique [kWh]	Energie Thermique [kWh]	COP		
RUN 1	2.37	11.16	4.71	2.33	9.61	4.13	0.58	12.23%
RUN 2	1.38	8.84	6.41	1.33	7.89	5.94	0.47	7.30%
RUN 3	2.11	11.14	5.28	2.08	8.96	4.32	0.96	18.22%
RUN 4	1.64	9.13	5.57	1.61	7.01	4.36	1.20	21.60%
RUN 5	2.21	14.70	6.65	2.15	12.62	5.88	0.77	11.56%

Tableau 1 : Résultats avant améliorations

Une fois l'énergie électrique et thermique des deux systèmes calculée, une comparaison des COP a donc pu être faite en faisant le rapport entre l'énergie thermique et l'énergie électrique.

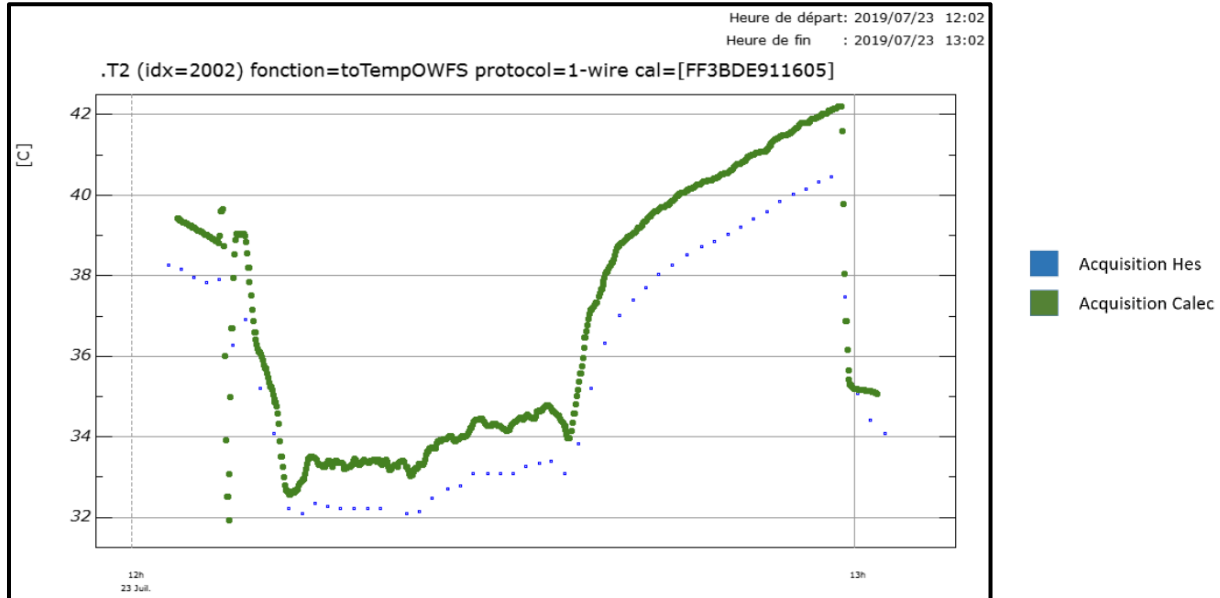
Après la première analyse, une grande différence de COP a pu être observée entre le système Hes et le système Calec. La différence maximale étant de 1.2, soit une différence de 21.6% par rapport au système Calec, des améliorations ont dûes être apportées.

Pour trouver la provenance de cette erreur, les différents capteurs des deux systèmes ont été analysés et comparés.

Le tableau complet des valeurs mesurées avant traitement des données se trouve en annexe (**ANNEXE 8**).

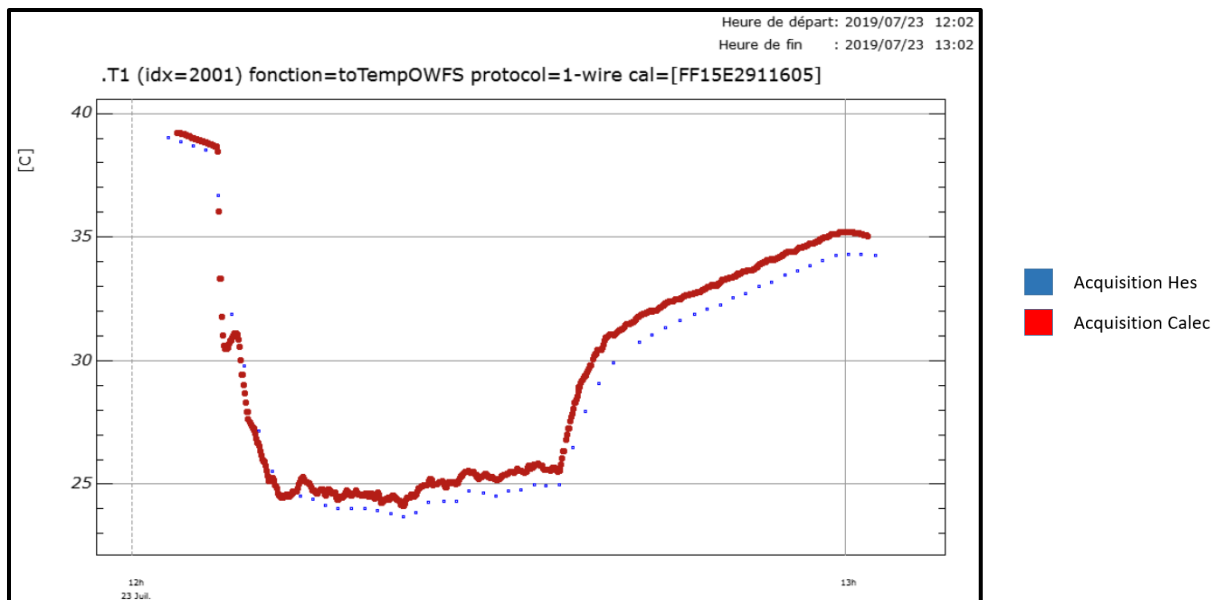
Analyse des températures :

Les valeurs de températures obtenues ainsi que la différence de température entre le départ et le retour ont été analysées. La courbe ci-dessous représente le graphe comparant les températures de départ des deux systèmes.



Graphique 5 : Comparaison de la température de départ

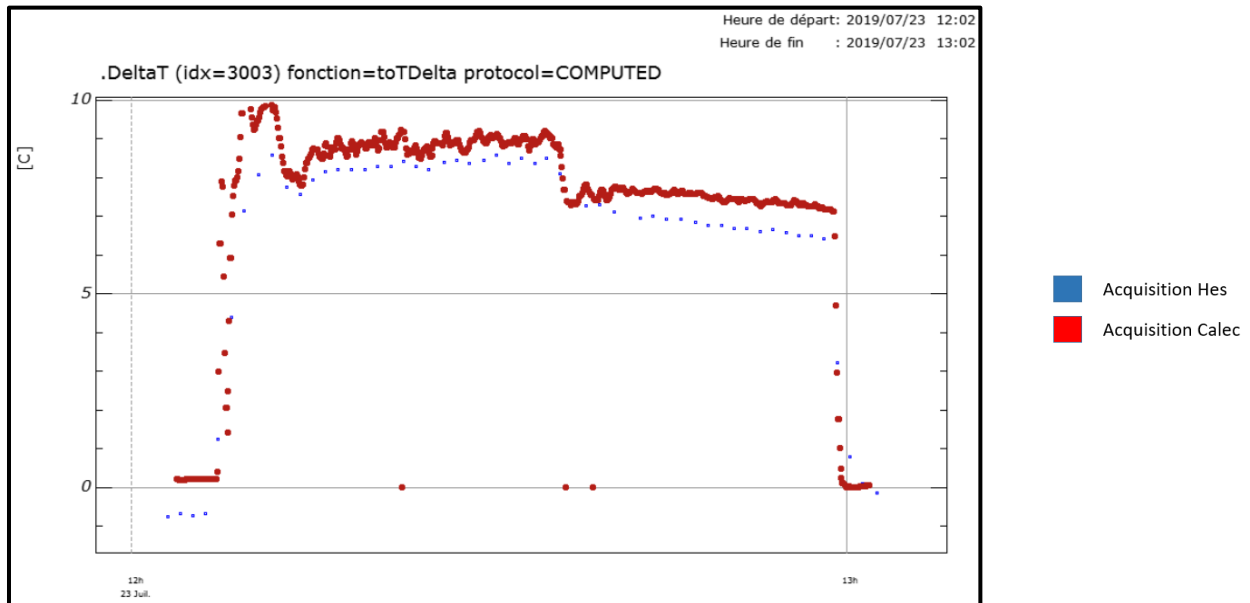
Nous pouvons observer qu'une différence de température mesurée d'environ deux degrés est constatée. L'erreur entre les deux mesures est d'autant plus grande lorsque la température augmente. Si la température de retour possède la même caractéristique (différence de 2 degrés), le problème n'aura aucun impact sur la mesure car la différence de température est calculée entre le départ et le retour.



Graphique 6 : Comparaison de la température de retour

On remarque que la valeur de température du système Hes pour la température de retour est plus basse sur toute la série de mesures d'environ 1 degré.

Un décalage d'environ 1 degré sera donc présent sur la série de mesure DeltaT. Pour confirmer notre résonnement, les deux courbes de Delta T ont été tracées :



Graphique 7 : Delta Température entre le départ et le retour avant améliorations

Cette différence considérable peut être due à la méthode de prise de mesure. En effet, la température du système Calec est prise directement dans le liquide au milieu du tuyau alors que la prise de mesure du système de mesure Hes est faite en installant une sonde de température en contact avec la périphérie du tuyau. La différence entre les deux systèmes peut donc être due à la méthode de prise de mesure. En effet, la prise de température à l'extérieur du tuyau est influencée par celle de l'environnement externe de l'installation et des pertes thermiques que le tuyau possède.

Analyse du débit :

Lors de l'analyse du débit, un gros problème a pu être constaté rapidement. L'utilisation d'impulsions pour lire le débit ne nous permet pas d'être précis dans les mesures. En effet, en prenant un intervalle de mesure d'une minute, malgré un débit constant, le nombre d'impulsions peut varier.

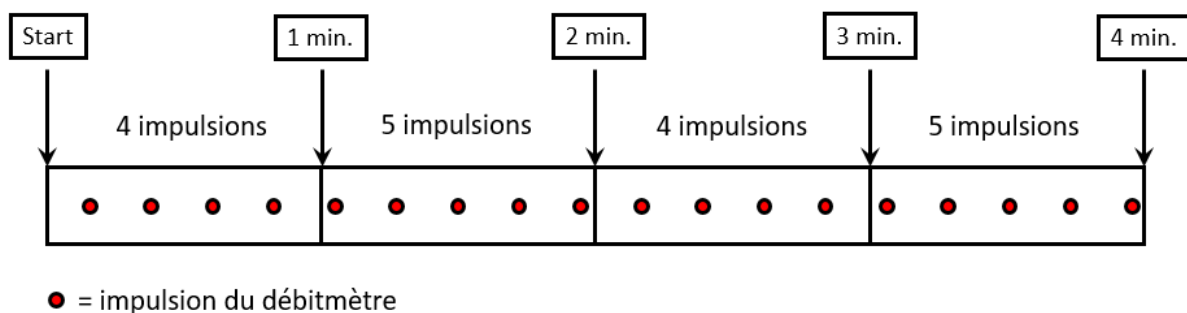
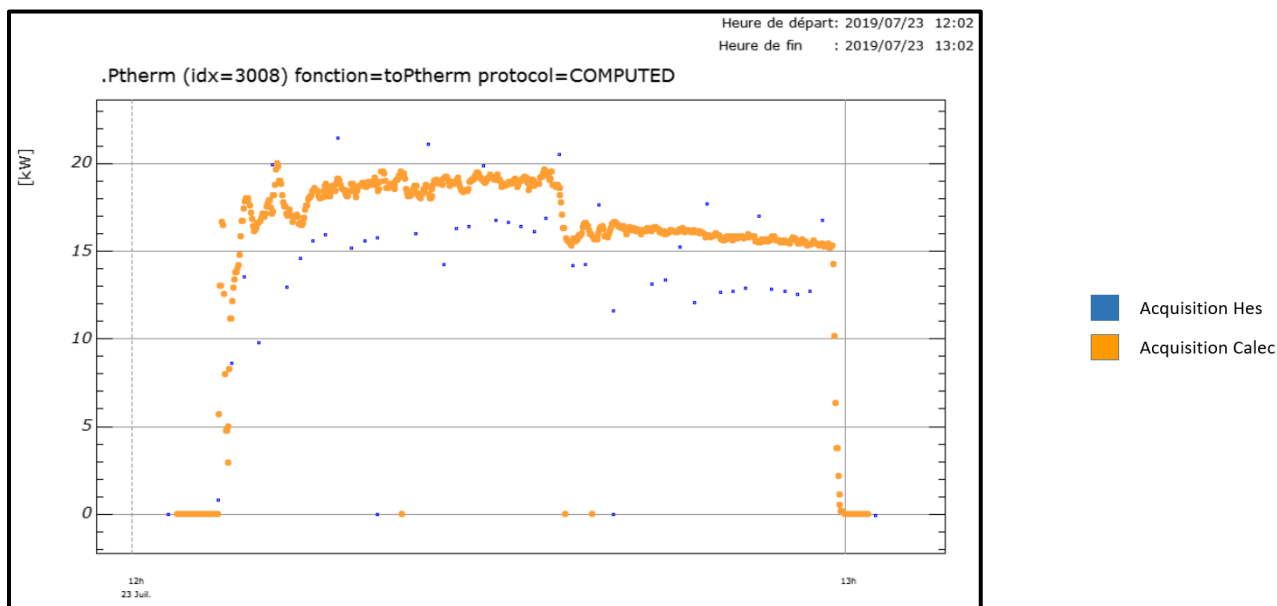


Figure 24 : Variation du nombre d'impulsions malgré un débit régulier

On remarque dans le schéma ci-dessus que dans un intervalle d'une minute, pour un débit constant, le nombre d'impulsions n'est pas régulier. Il peut varier entre 4 et 5 impulsions. Cela peut poser un problème lors du calcul du débit moyen.

Cela influence considérablement notre courbe de puissance thermique. On le remarque en analysant la répartition des points sur cette courbe.

On voit aussi que la tendance de la courbe de puissance thermique mesurée par le système Hes est inférieure au système de mesure Calec.



Graphique 8 : Puissance thermique avant améliorations

Calibration du débit

Pour améliorer les mesures du débitmètre à impulsion, une calibration a été réalisée. Pour déterminer le volume d'eau total utilisé durant les runs, l'intégrale du débit défini par l'acquisition Calec et Hes a été comparé. Les résultats obtenus sont les suivants :

	Volume Calec [L]	Volume Hes [L]	Coeff Calec/Hes
RUN 1	1713.22	1650.00	1.038
RUN 2	1033.28	950.00	1.088
RUN 3	1856.32	1770.00	1.049
RUN 4	1459.89	1400.00	1.043
RUN 5	1600.73	1540.00	1.039
Moyenne			1.051

Tableau 2 : Calibration du débit

On remarque une grande différence du volume d'eau total mesuré par les deux systèmes.

Il a donc été décidé d'ajuster la mesure avec un coefficient de 1.046 pour limiter l'erreur due au débit du système Hes. Cette valeur a été choisie en prenant en compte la tendance des résultats qui ont une erreur proche de 1.045.

Calibration de la température

Pour observer la tendance de l'erreur de mesure des températures, une analyse d'un run a été effectuée. On observe dans le tableau ci-dessous la différence de température entre le départ et le retour à des instants précis pour un run. On remarque que l'erreur entre les deux systèmes d'acquisitions diminue lorsque la température augmente.

	Hes		Calec		ΔT Hes	ΔT Calec	ΔT Systèmes
	T1	T2	T1	T2			
15:29:52	27.50	33.25	29.61	35.83	5.75	6.22	0.47
15:34:56	31.94	38.45	33.90	40.75	6.51	6.85	0.34
15:41:12	35.38	41.56	37.26	43.74	6.19	6.48	0.29
15:46:10	37.75	43.69	39.78	45.98	5.94	6.20	0.26
15:50:59	40.00	45.75	42.19	48.09	5.75	5.90	0.15
15:55:55	42.31	47.88	44.67	50.38	5.56	5.71	0.15
16:00:53	44.50	49.88	46.89	52.41	5.38	5.52	0.14

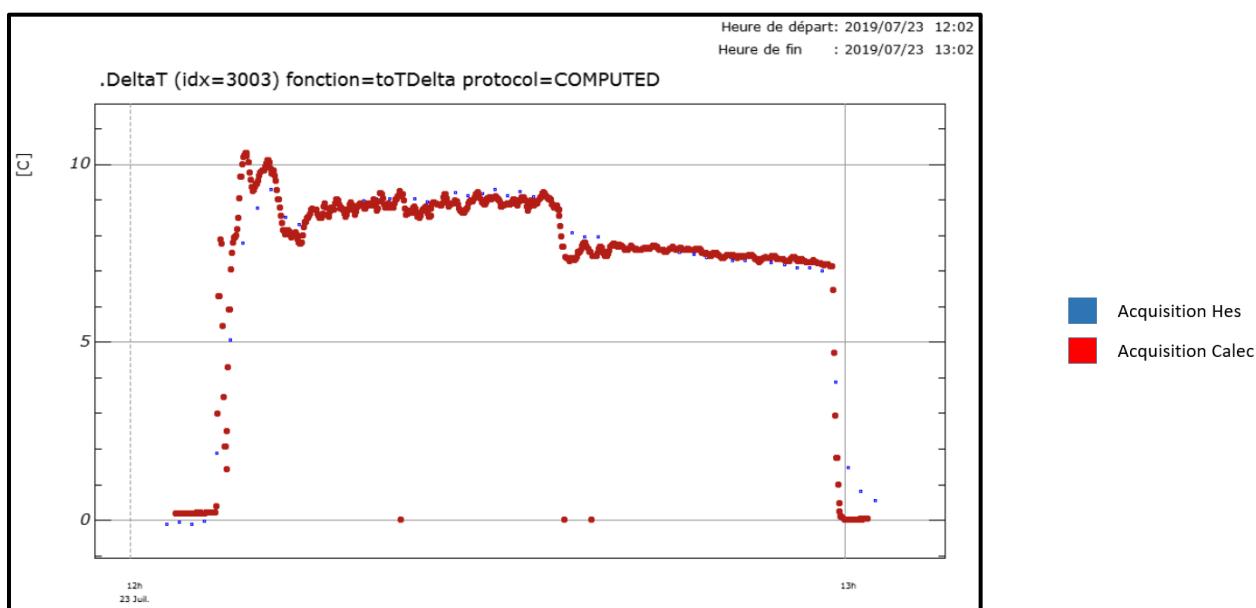
Tableau 3 : Calibration de la température

Une fonction a donc été réalisée afin d'ajuster la température ΔT . La fonction est la suivante :

$$\text{ajustT} = (-0.020 * T[1]) + 1.4 ;$$

La valeur ajustT est additionnée en permanence au Delta température et est fonction de la température T[1] du système Hes.

Après implémentation de cette fonction dans le programme, les différences de température des deux systèmes ont été rejouées :



Graphique 9 : Delta Température entre le départ et le retour après améliorations

On remarque que les températures des deux systèmes correspondent avec le paramétrage et l'ajustement effectué.

Résultats avec traitement de données

Après avoir effectué les améliorations sur les mesures de températures et de débit, les 5 runs testés précédemment ont été rejoués afin d'observer si les résultats obtenus étaient meilleurs ou non. Les modifications apportées ont considérablement amélioré les résultats.

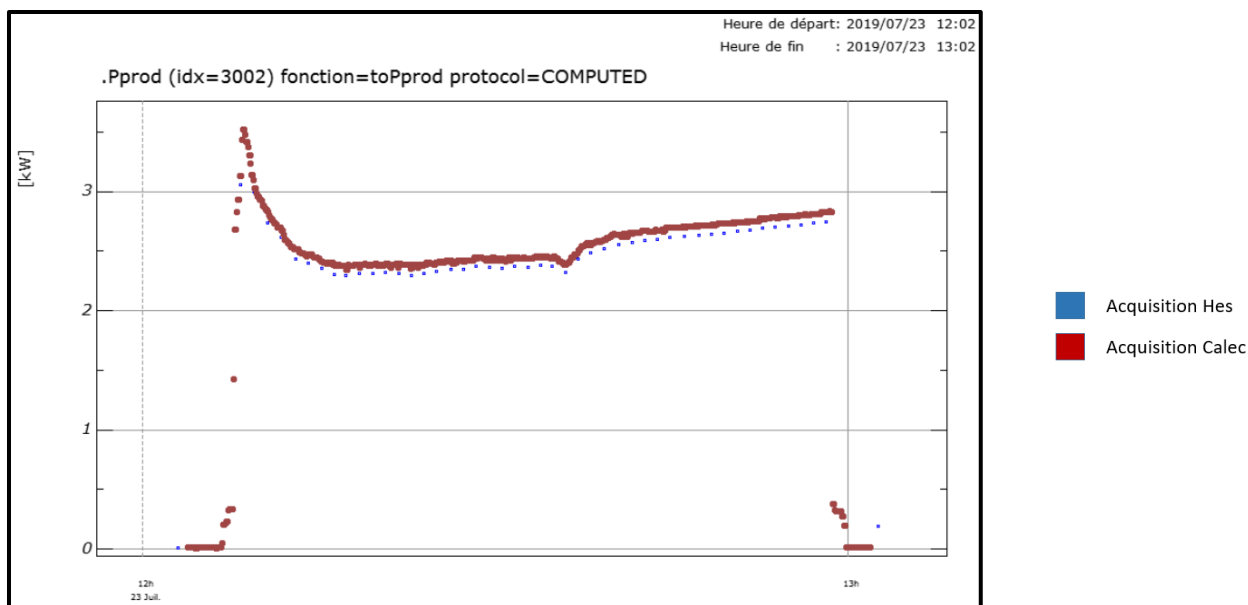
Les résultats obtenus après modification sont les suivants :

	Résultats avec améliorations						ΔCOP	Erreur [%]
	Calec			Hes				
	Energie Electrique [kWh]	Energie Thermique [kWh]	COP	Energie Electrique [kWh]	Energie Thermique [kWh]	COP		
RUN 1	2.37	11.16	4.71	2.33	11.18	4.80	0.09	1.90%
RUN 2	1.38	8.84	6.41	1.33	9.11	6.85	0.44	6.93%
RUN 3	2.11	11.14	5.28	2.08	10.74	5.16	0.12	2.20%
RUN 4	1.64	9.13	5.57	1.61	8.35	5.19	0.38	6.84%
RUN 5	2.21	14.70	6.65	2.15	14.44	6.72	0.06	0.97%

Tableau 4 : Résultats après améliorations

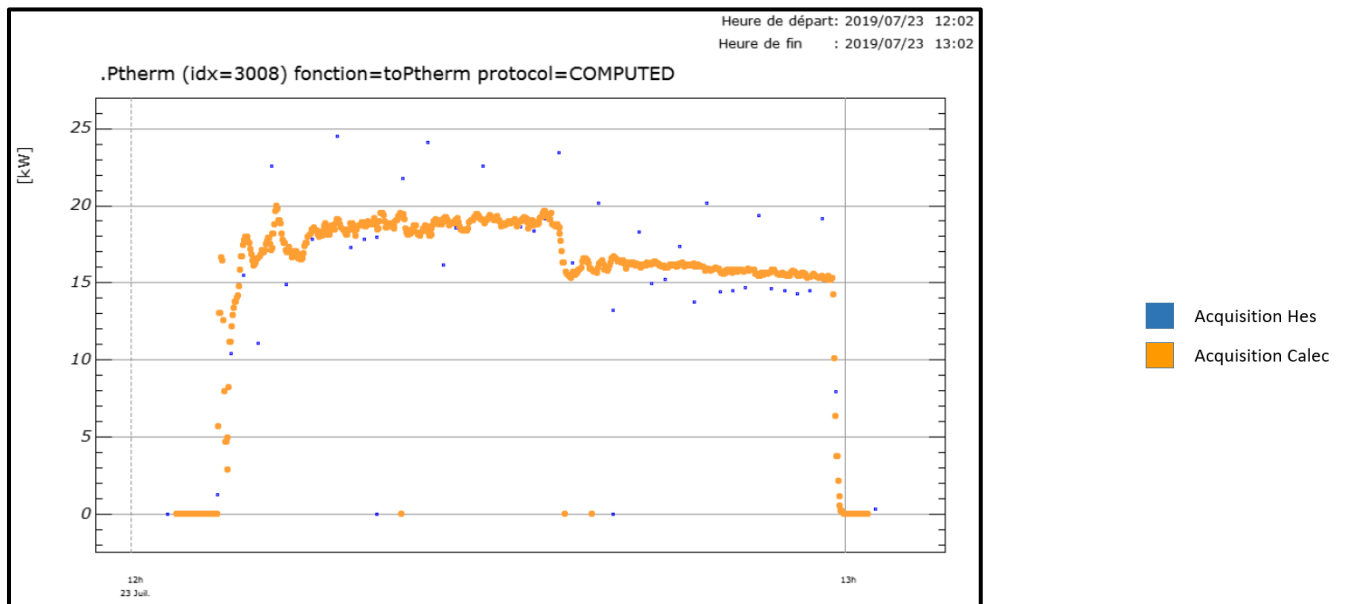
Le tableau complet des valeurs mesurées avant traitement des données se trouve en annexe (ANNEXE 9).

La valeur du Cop a fortement été améliorée. La différence maximum étant de 0.44, soit une différence de 6.93% par rapport au système Calec.



Graphique 10 : Courbe de puissance électrique

On peut observer que les courbes de puissance électrique des deux systèmes se suivent correctement. La différence de COP provient donc de la mesure d'énergie thermique.



Graphique 11 : Puissance thermique après améliorations

La tendance des points de mesure de puissance thermique après améliorations suit de façon plus correcte la courbe de puissance thermique mesurée par le système Calec.

3. Monitoring COP Box

Après analyse du COP de l'outil de monitoring de COP développé au sein de la HES, un système complet et optimisé a été installé sur la pompe à chaleur du laboratoire thermique de la Hes-SO de Sion. Ce système possède des améliorations afin d'optimiser les résultats mesurés.

Le nom de cet outil d'acquisition est Monitoring COP Box.

La procédure d'installation de ce système se trouve en annexe (ANNEXE 12).

3.1. Liste de matériel et couts

Lors de la mise en place d'une installation, les couts liés au matériel sont d'environ 650 francs par installation. La liste concernant le matériel, les fournisseurs et les prix est disponible en annexe (ANNEXE 6).

Cette somme représente uniquement les couts liés au matériel. Il ne faut donc pas oublier d'additionner à ce prix les couts liés aux honoraires des personnes liées à la mise en place de ce projet.

La réalisation d'un système facilement installable permettrait donc de diminuer les couts liés à la main d'œuvre et, ainsi, le prix total de l'outil d'acquisition complet.

3.2. Améliorations apportées

Utilisation de Devolo

Sur nos différents systèmes d'acquisitions installés, les modems présents dans les habitations ne seront pas nécessairement accessibles directement. Il sera donc nécessaire d'apporter une connexion internet jusqu'à nos Raspberry pi. A cet effet, des Devolo sont utilisés qui nous permettent d'émettre une connexion internet par les prises de la maison et ainsi pouvoir récupérer ce signal sur notre Raspberry. Il faut veiller à utiliser les mêmes phases du réseau pour ne pas perdre notre signal internet.



Image 3 : Dévolo pour transmission de la connexion internet

Ajout de deux sondes de températures supplémentaires

Pour améliorer la précision des résultats, deux sondes de températures par point de mesure ont été rajoutées. Cela permet d'avoir une température plus précise en calculant la moyenne des deux mesures. Ces deux sondes sont installées de chaque côté du tuyau et sont fixées à l'aide de colliers de serrage. Autour de ces sondes de températures se trouvent des gaines isolantes afin de diminuer l'influence de la température ambiante du local technique où se trouve la pompe à chaleur.

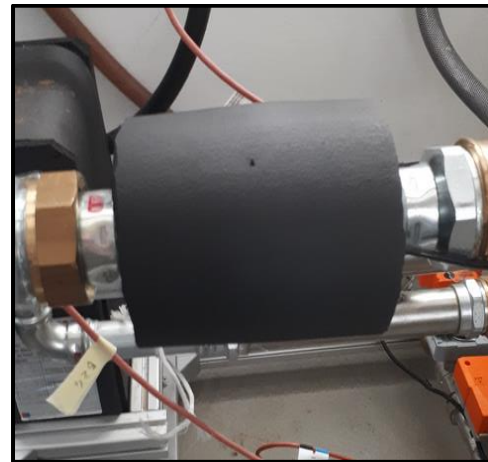


Image 4 : Installation des sondes sur les tuyaux avec isolation

Amélioration de la surface de contact des capteurs

Pour permettre un meilleur contact entre les sondes de températures et les tuyaux sur lesquels elles sont fixées, des petites pièces de cuivre ont été usinées afin de garantir un transfert de chaleur optimal. La surface de contact entre le capteur et le tuyau est beaucoup plus grande et ainsi les valeurs mesurées plus correctes. Le schéma mécanique de ces pièces est présent en annexe (ANNEXE 7).



Image 5 : Pièce de contact pour sondes de température

Utilisation de PCB pour fixer les capteurs

Pour faciliter la connexion de toutes les sondes sur le bus 1-wire permettant de lire les valeurs de températures, plusieurs PCB ont été usinés afin de pouvoir raccorder rapidement toutes les sondes et de ne pas avoir à souder des connecteurs entre eux. Ces plaquettes possèdent 5 borniers à trois fils. Un des borniers est utilisé pour venir fixer le câble de transmission de l'information.

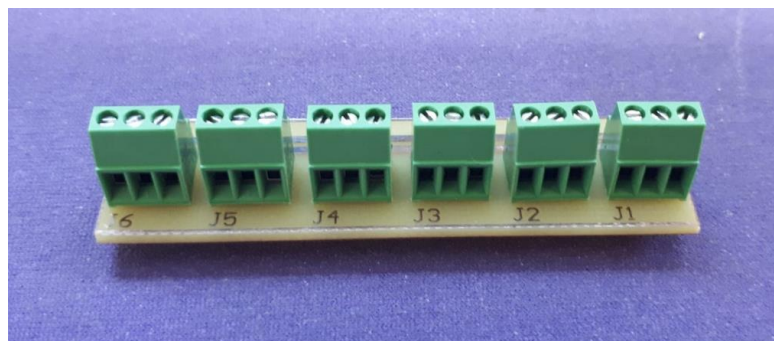


Image 6 : PCB pour le branchement des différentes sondes de températures

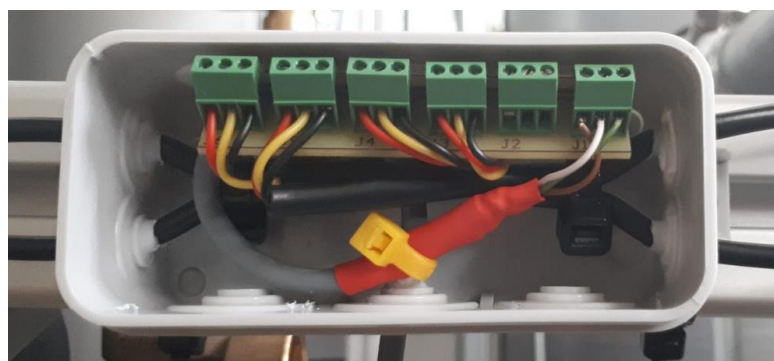


Image 7 : PCB avec boîtier de protection

Pour protéger le circuit imprimé et éviter tout court-circuit électrique, le tout est placé dans une boîte de jonction fixée proche des sondes de températures. Dans cette boîte de jonction entrent, les différents capteurs de l'installation (quatre sondes de température pour le système amélioré) et en sort le câble 1-Wire qui va être relié sur le Raspberry pi.

Installation d'un coffret de protection

Les composants électriques sont protégés dans un coffret.



Image 8 : Coffret de protection pour le matériel électrique

Un presse-étoupe pour le câble d'alimentation et trois manchons passe-câbles ont été installés sur le coffret afin de faciliter le raccordement des capteurs sur le Raspberry pi.

4. Suite à donner

Ce projet possède de nombreux points à approfondir. Le temps à disposition pour sa réalisation étant réduit, une limite à dû être établie. Une liste des points à creuser et dont la mise en forme est à poursuivre se trouve énumérée ci-dessous :

4.1. *Installation d'un VPN*

Un point important à améliorer pour ce projet de Monitoring serait l'installation d'un VPN sur nos différents systèmes posés.

Un VPN nous permettrait d'accéder à un réseau privé depuis un autre réseau externe. Cela nous donnerait ainsi la possibilité d'atteindre nos différents systèmes installés dans les diverses habitations et d'apporter des modifications aux programmes installés sur nos Raspberry à distance.

Pouvoir atteindre nos systèmes à distance serait un grand gain de temps. En effet, en cas de problème sans ce VPN, il faudrait déranger les clients chez eux afin de pouvoir nous connecter en direct sur leur système, ce qui n'est pas possible.

Pour l'instant, notre installation développée possède uniquement un VNC. Ce dernier nous permet de contrôler à distance (réseau privé) l'environnement de bureau de l'installation et ainsi ne pas avoir besoin d'être à côté du Raspberry pour effectuer des modifications.

Le VNC utilisé est le logiciel VNC Viewer qui est simple d'emploi et facile à installer, de plus, ce logiciel est gratuit. Sur nos Raspberry sont installés une version client de VNC. Le contrôle du Raspberry pi est pris, en connaissant son adresse IP, son nom et son mot de passe.

4.2. *Amélioration du Monitoring des différents COP*

Les COP observés dans l'état actuel du projet sont décalés par rapport à la réalité. Cela est dû à l'inertie des tuyaux entrants et sortants de nos pompes à chaleur. En effet, les prises de mesures de températures sont faites sur la circonférence de nos tuyaux, et la conductivité thermique de ceux-ci limite l'échange thermique.

Une amélioration de l'affichage des résultats pourrait aussi être utile. Il serait par exemple judicieux de pouvoir observer le coefficient de performance de chaque numéro de run afin de pouvoir observer les différences entre ces derniers.

4.3. *Affichage des résultats sur une page Web*

La situation actuelle nous oblige à installer Qt pour pouvoir visionner les résultats des COP monitorés. En cas de problème du programme d'acquisition ou de modification non-voulue, le visionnage des résultats peut être empêché.

Il serait intéressant de créer un visionnage des résultats sur un programme externe et accessible à l'aide d'une adresse Internet. Cela permettrait ainsi de faciliter la lecture des coefficients de performance.

4.4. Mise en commun des fichiers Qt

Lors de l'acquisition de données, un programme Qt Creator (domoticVisu) doit être en fonction pour chaque système. Cela permet de créer des fichiers binaires de chaque mesure pour chaque installation. Par la suite un programme permet de lire tous nos fichiers binaires (Base2019). Il serait intéressant de faire tourner un seul programme qui permettrait de sélectionner l'installation dont nous voulons prendre les fichiers et ainsi éviter de devoir faire tourner plusieurs programmes en même temps.

4.5. Installation d'un serveur ftp externe

Dans la situation actuelle du projet, un serveur est utilisé en local sur l'ordinateur utilisé pour la réalisation de ce travail de diplôme. Pouvoir utiliser un serveur externe afin d'avoir accès aux données depuis l'extérieur et pas uniquement en local depuis un ordinateur serait idéal.

4.6. Lancement du programme Qt sans environnement

Lorsque notre système s'éteint (en cas de coupure de courant par exemple), il serait nécessaire que les différents programmes utiles au fonctionnement de l'installation se remettent seul en service lors du redémarrage du Raspberry. Les programmes utiles au fonctionnement sont les suivants :

- Qt Creator (domoticVisu)
- VNC Viewer

Cela permettrait au système de se remettre en marche automatiquement et de continuer l'acquisition de données.

4.7. Installation d'un débitmètre plus précis

Le débitmètre utilisé dans la situation actuelle est un débitmètre qui émet une impulsion chaque 10 litres. Utiliser un débitmètre qui émet plus d'impulsion nous permettrait de lisser nos courbes et améliorer la précision d'affichage des COP instantanés. Des débitmètres sur le marché émettent des impulsions tous les litres. Un débitmètre a été commandé afin d'être testé. L'installation de celui-ci n'a pas pu être réalisée dans les délais impartis.

5. Conclusion

Ce travail de diplôme propose un outil simple à l'installation, d'un monitoring de coefficient de performance de pompe à chaleur.

L'emploi d'un programme, utilisant le langage C, a été une solution très intéressante pour répondre aux besoins décrits dans le cahier des charges.

L'utilisation d'un système, comme le **Monitoring COP Box** développé durant ce projet, ne sera dans aucun cas d'une précision égale à un système industriel comme celui implémenté sur la pompe à chaleur du laboratoire thermique de la Hes-SO de Sion, utilisant des capteurs Calec STII. Néanmoins les résultats obtenus suivent le cours de la réalité et sont exploitables. On remarque que sur une série de 5 tests réalisés, la différence de COP global entre les deux acquisitions ne dépasse pas une différence de valeur de 0.4. La réalisation de tests supplémentaires permettrait de comparer avec plus de précision les COP monitorés par le système développé.

L'inertie thermique des tuyaux sur lesquels la prise de mesure de température est réalisée, ainsi que la précision des capteurs, peuvent poser problème lors de la lecture des COP instantanés. Malgré cela, les COP globaux utilisant l'énergie et non la puissance, permettent d'effectuer des mesures sur des durées déterminées exploitables.

L'outil réalisé durant ce travail de diplôme est utilisable et fonctionnel, mais une suite serait à prévoir. Des améliorations, comme l'emploi d'un débitmètre plus précis permettraient d'ajuster nos valeurs mesurées.

L'installation des systèmes dans des maisons de client n'a pas été possible par manque de temps et d'informations. Néanmoins, le dispositif d'acquisition a été installé sur la pompe à chaleur présente au laboratoire thermique de la HEI afin de démontrer la plausibilité et le résultat de ce projet.

Dans le futur, une continuation d'un tel projet, je pense, pourrait permettre une meilleure connaissance de la manière dont sont installées les pompes à chaleur et leur utilisation.

Sion, le 13 août 2019

Timothée Carron

6. Références

- [1] «Z-wave,» [En ligne]. Available: <https://fr.wikipedia.org/wiki/Z-Wave>. [Accès le Mai 2019].
- [2] «1-wire,» [En ligne]. Available: <https://fr.wikipedia.org/wiki/1-Wire>. [Accès le Mai 2019].
- [3] «VNC,» [En ligne]. Available: https://fr.wikipedia.org/wiki/Virtual_Network_Computing. [Accès le Mai 2019].
- [4] «VPN,» [En ligne]. Available: https://fr.wikipedia.org/wiki/R%C3%A9seau_priv%C3%A9_virtuel. [Accès le Mai 2019].
- [5] [En ligne]. Available: <https://www.fws.ch/wp-content/uploads/2018/10/OFEN-Les-PAC-surs-efficientes-et-durable-805.067-F.pdf>. [Accès le Mai 2019].
- [6] «Calcul de COP et généralités,» [En ligne]. Available: <https://energieplus-lesite.be/theories/le-chauffage/les-coefficients-de-performance-d-une-pac/>. [Accès le Mai 2019].
- [7] «Qt Creator,» [En ligne]. Available: https://fr.wikipedia.org/wiki/Qt_Creator. [Accès le Juin 2019].
- [8] «Chaleur et énergie thermique,» [En ligne]. Available: http://dpnc.unige.ch/ams/leluc/pgb/pdf/pgb0405_13.pdf. [Accès le Juin 2019].
- [9] D. G. Morand, «domoticVisu,» 2019.

7. Remerciements

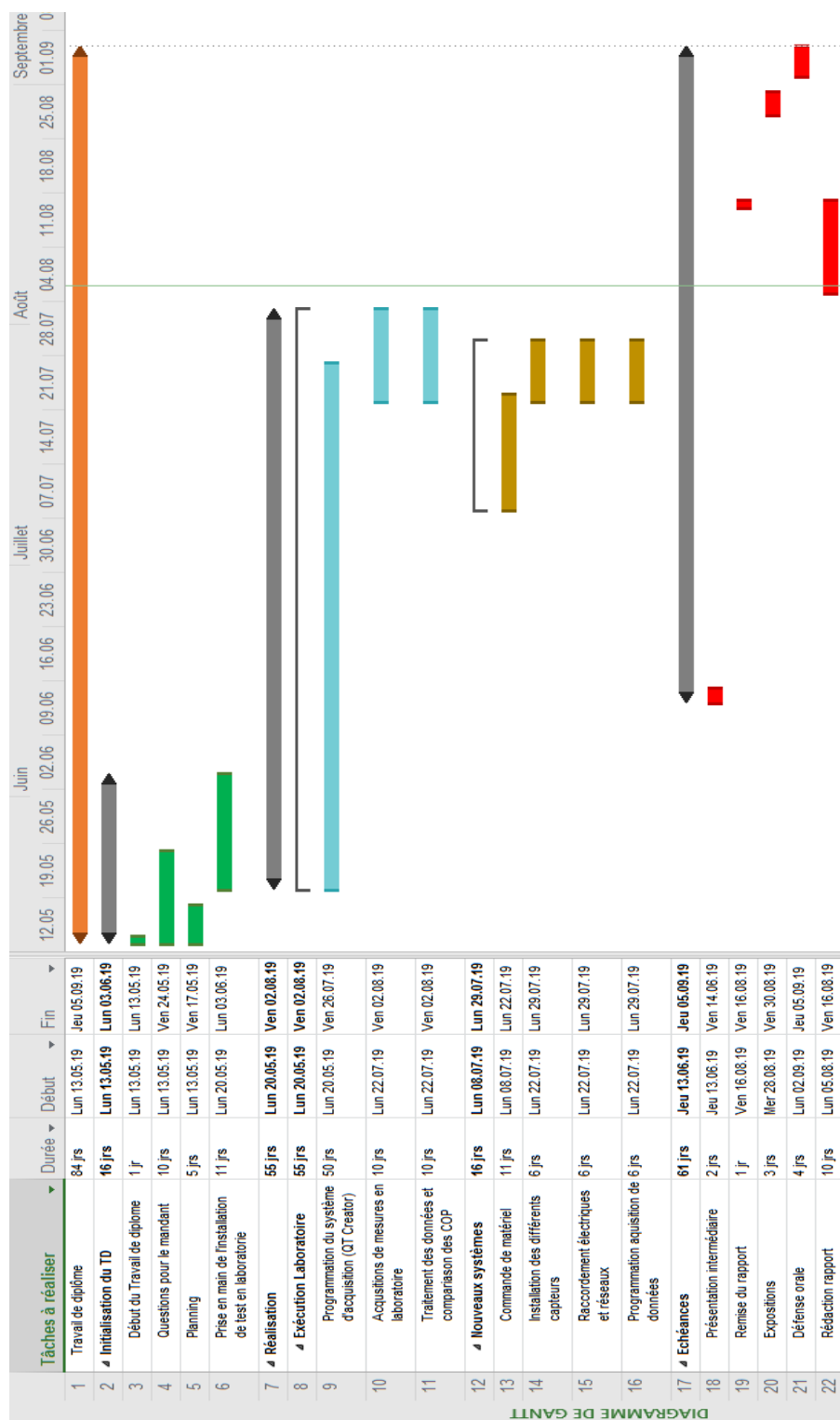
Par la présente, je tiens à remercier personnellement certaines personnes qui m'ont beaucoup aidées durant tout ce projet.

- ◇ M. Gilbert Morand, professeur à la Hes-SO, qui a été d'une aide et d'un soutien précieux. Ses connaissances en programmation m'ont permis d'apprendre le langage C rapidement.
- ◇ M. Sébastien Dervev pour sa connaissance dans le domaine des pompes à chaleur et pour ses conseils précieux.
- ◇ A l'atelier mécanique de la Hes-SO de Sion pour leur disponibilité, aide, et efficacité.
- ◇ Ma famille et mes amis pour leur soutien durant la période de réalisation de ce travail.

Je voudrais finalement remercier toutes les personnes dont le nom n'est pas cité ci-dessus et que j'ai eu le plaisir de côtoyer durant ce travail de diplôme.

8. Annexes

1. Planning



Annexe 1 : Planning final du projet

2. Contrôle de la PAC

Enclenchement de la pompe à chaleur

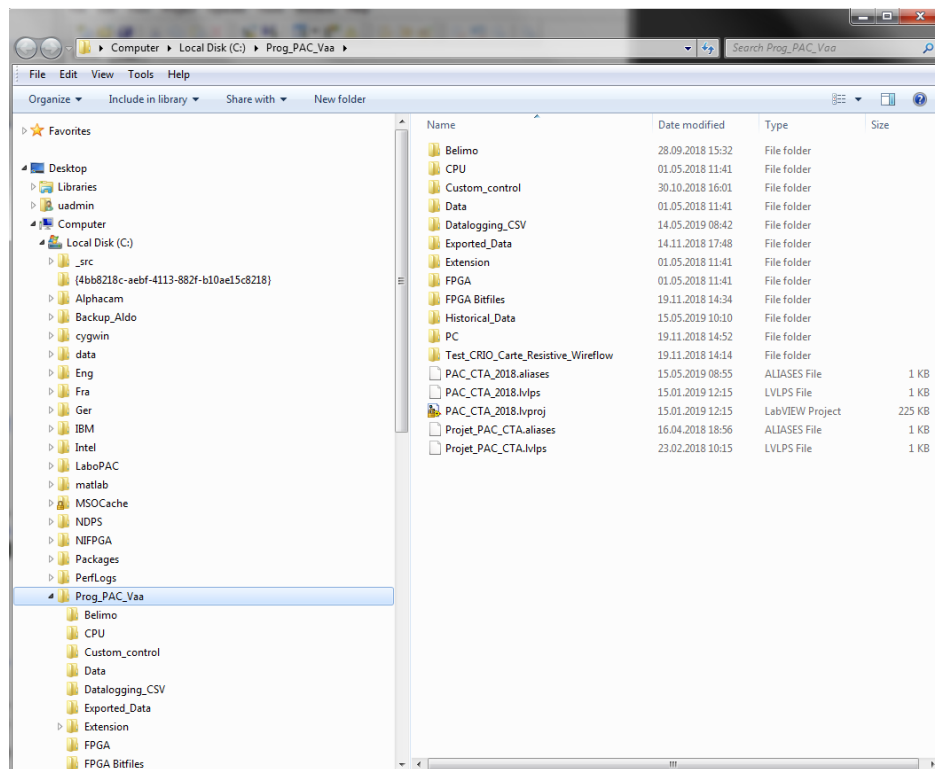
Un switch est présent contre le mur de l'installation. Il offre deux possibilités :

- **DC Grid**, qui permet de se connecter sur le réseau DC Grid de la Hes-So. Lors de l'utilisation de ce dernier, il faut s'assurer de ne pas dépasser une puissance de 9 kW.
- **Réseau public** : Si la puissance nécessaire est importante, (> 5kW dans le cas de notre installation), utiliser le réseau public afin de ne pas être limité en puissance.



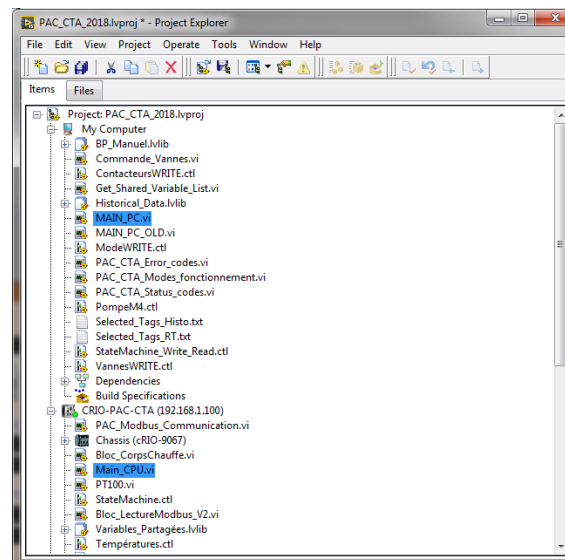
Annexe 2 : Boîtier d'alimentation de la pompe à chaleur du laboratoire thermique de la HEI de Sion

1. Se connecter à la session uadmin sur le PC de l'installation :
Nom d'utilisateur : uadmin
Pour le mot de passe, contacter Monsieur Sébastien Dervey.
2. Il faut ensuite lancer le programme qui permet de contrôler la pompe à chaleur. Pour lancer celui-ci, deux possibilités sont envisageables :
 1. Aller dans le disque **C** : Sur ce disque se trouve un dossier se nommant **Progr_PAC_Vaa**. Puis, il faut lancer le programme LabVIEW **PAC_CTA_2018.lvproj**.
 2. La deuxième possibilité consiste à ouvrir le dossier sur le bureau se nommant **Progr_PAC_Vaa**. Dans ce dossier, il faut comme dans le point a, lancer le programme LabVIEW **PAC_CTA_2018.lvproj**.



Annexe 3 : Localisation du programme LabVIEW sur le PC

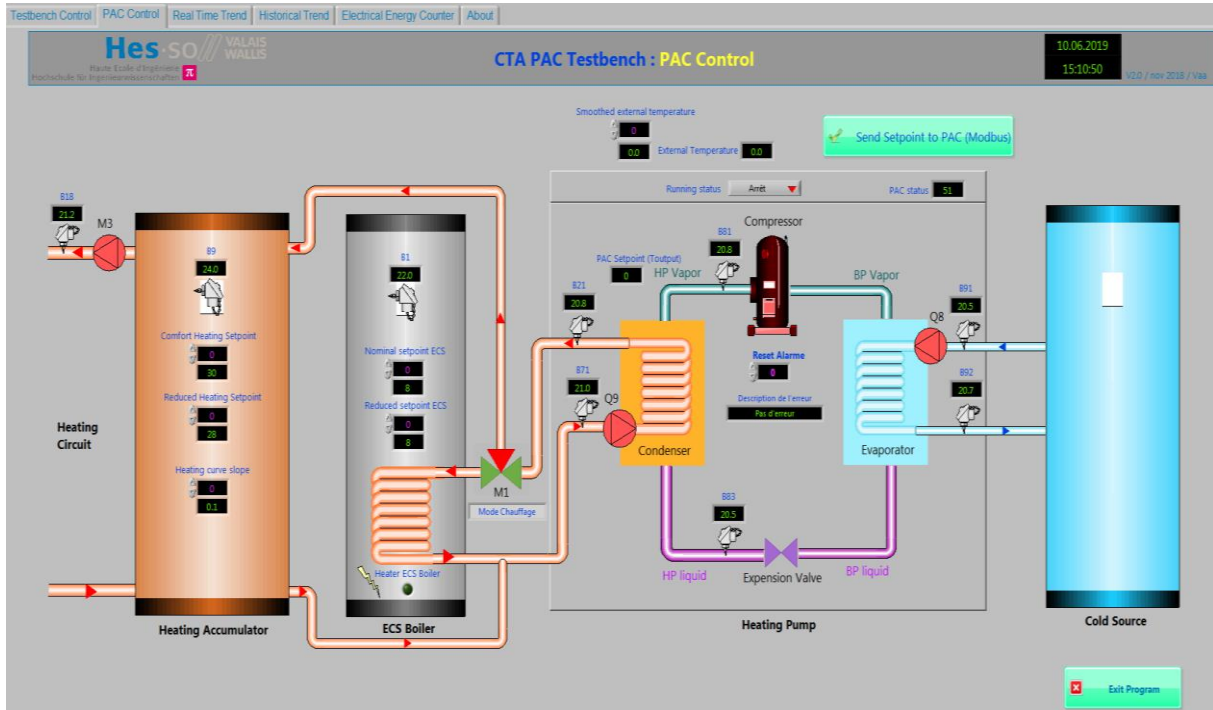
Une fois le programme LabVIEW ouvert, la page suivante s'affiche :



Annexe 4 : Page d'exécution de LabVIEW

Pour ouvrir l'interface utilisateur, deux programmes doivent être lancés : Ce sont les deux fichiers Main_CPU et Main_PC.

Pour lancer les programmes, il faut faire un clic droit sur le fichier et cliquer sur RUN. La pompe à chaleur est désormais connectée au programme LabVIEW dont l'interface utilisateur est la suivante :



Annexe 5 : Interface utilisateur pour le contrôle de la pompe à chaleur

La figure 4 nous détaille l'onglet dans lequel les différents paramètres doivent être insérés lors de la réalisation des différents tests. Les paramètres à définir sont les suivants :

- Les températures à atteindre de l'eau chaude sanitaire et du réservoir d'eau de chauffage
- Le mode de fonctionnement de la pompe à chaleur
- Le coefficient de la courbe de chauffage (à voir dans le manuel d'utilisation du fabricant de la pompe à chaleur).

La pompe à chaleur peut ensuite être lancée en choisissant l'option automatique dans les paramètres de fonctionnement (Running Status).

3. Acquisition Calec

L'acquisition Calec, comme son nom l'indique, utilise des capteurs Calec STii. Ce sont des calculateurs d'énergie à protocoles multiples. Ils sont souvent utilisés pour des installations de type climatisation, réfrigération ou encore pour des systèmes d'énergie thermique de substitution.

Le système présent sur l'installation est composé de 4 de ces capteurs. Il permet de connaître différentes énergies échangées dans le système ainsi que l'énergie électrique consommée. Dans notre cas, seul un de ces capteurs sera utile. C'est celui qui calcule l'énergie thermique en sortie de la pompe à chaleur. Il va nous servir de référence afin de pouvoir déterminer la précision du système d'acquisition développé au sein de la Hes.

Lors de la réalisation des tests, le chemin d'un dossier peut être choisi dans notre affichage testbench (Figure 9). Les valeurs mesurées par les différents capteurs de notre installation sont enregistrées dans une feuille en format .txt de ce dossier.



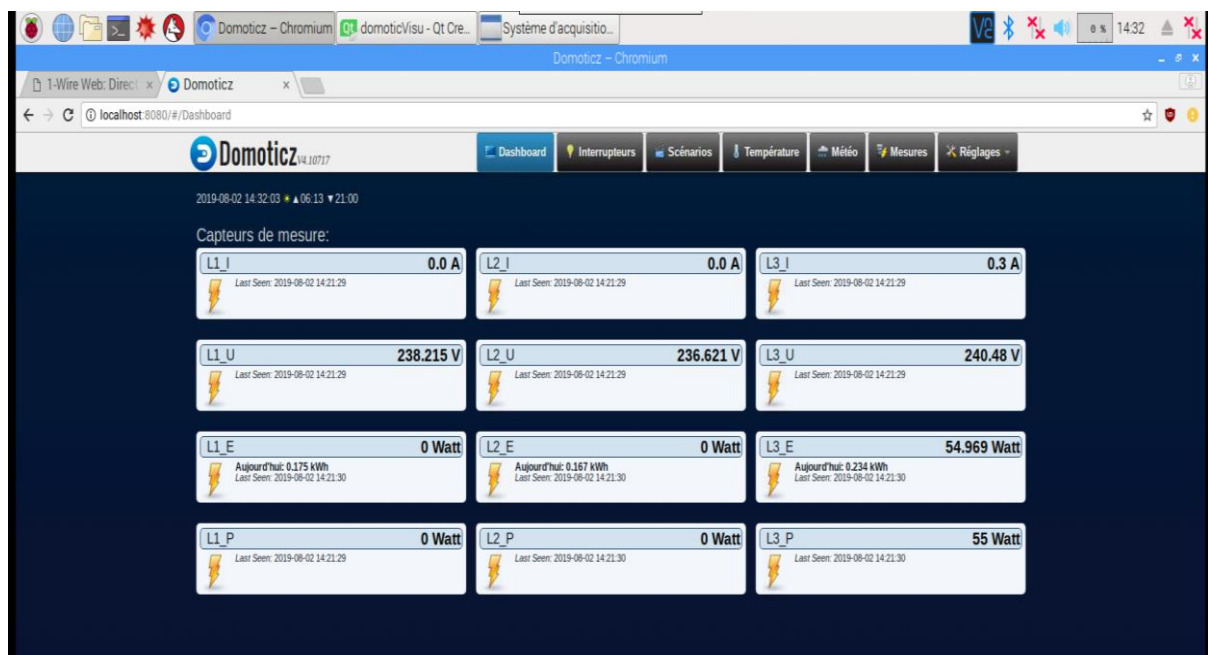
Annexe 6 : Système d'acquisition Calec

Une page de visualisation est disponible pour visionner les valeurs en direct (voir figure annexe 5).

4. Serveur Z-wave

Comme expliqué dans ce rapport, l'acquisition des données utiles pour déterminer la puissance électrique se fait à l'aide de la technologie Z-wave. Il s'agit d'un système de communication qui utilise une technologie radio de faible puissance dans la bande de fréquence de 868 MHz. Cette technologie a été spécialement conçue pour les systèmes de domotique.

Pour utiliser cette technologie, le système Domoticz a été choisi. Cet outil est facile à l'utilisation et qui se présente sous la forme suivante :



Annexe 7 : Serveur Domoticz (Z-wave)

Nous remarquons que nos différents capteurs sont présents sur l'affichage du logiciel. Ce sont ces valeurs qui vont être lues et transmises au système d'acquisition afin de déterminer la puissance électrique totale consommée par la pompe à chaleur en permanence.

Pour atteindre la page de Domoticz, le commande : **localhost :8080** doit être exécutée dans la barre de recherche internet sur notre Raspberry pi.

Cette commande nous envoie directement à la page affichée ci-dessus.

L'ajout ou la suppression de capteurs utilisant la technologie Z-wave peut être faite directement à partir de cette page. Lorsqu'un nouveau matériel est connecté à la clef Z-stick, celui-ci s'affiche directement dans **Réglage → Matériel**.

Inclure et exclure du matériel de domoticz

Tous les capteurs utilisant la technologie Z-wave sur l'installation sont lus grâce à la clef **Aeotec - Contrôleur USB Z-Wave Plus Z-Stick ZW090C GEN5**.

Cette clef peut être plugée directement dans le port USB de notre Raspberry pi et c'est elle qui va nous permettre d'établir la connexion entre les différents capteurs et le logiciel Domoticz. Pour inclure du matériel à cette clef, la procédure est la suivante :

1. Débrancher la clef du port USB du Raspberry pi et aller à côté du capteur que nous voulons ajouter.
2. Appuyer pendant une seconde sur le bouton de la clef Z-Stick.
3. Appuyer trois fois sur le bouton présent sur le capteur à ajouter (la lumière sur la clef arrête de clignoter quand le capteur a été ajouté).
4. Remettre la clef dans le port USB du Raspberry pi.

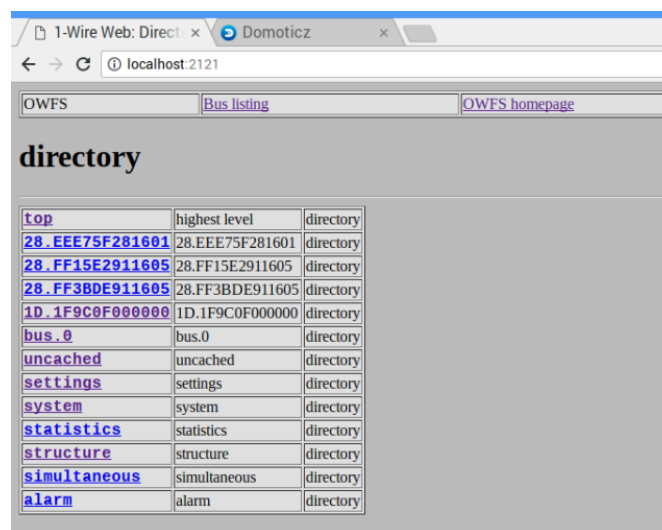


5. Serveur 1-wire

Les différents capteurs branchés sur notre câble 1-Wire s'affichent sur un serveur. De là, les informations sont ensuite traitées afin de reprendre la valeur des différents capteurs. Ce site se trouve en inscrivant l'adresse suivante sur le navigateur Web du Raspberry pi :

localhost:2121

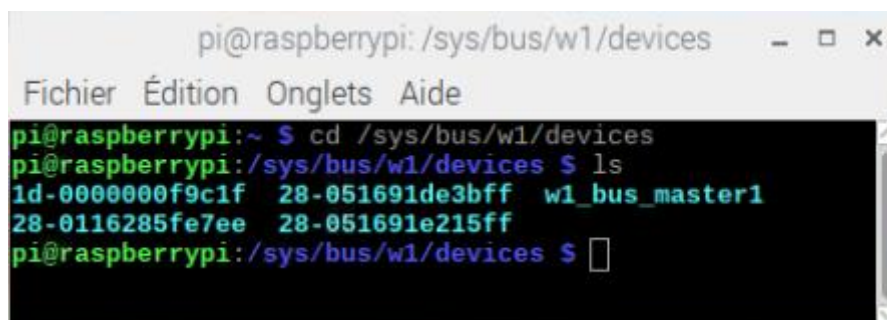
La page internet qui s'ouvre à la suite de l'exécution de cette commande est une page internet du type :



Annexe 8: Serveur OWFS

Lorsque les capteurs sont branchés sur notre Raspberry, ils viennent s'afficher directement sur la page d'accueil d'OWFS. Grâce à cette page, nous pouvons connaître le nom et les identifiants de nos capteurs. Pour identifier quel capteur correspond à quel nom, il suffit de mettre la main sur le capteur et de mettre à jour la page. Le capteur ayant une température supérieure aux autres correspond au capteur touché.

Après raccordement des capteurs de températures et du débitmètre à impulsion sur le Raspberry pi, un contrôle des connexions peut être effectué. La commande pour contrôler le fonctionnement des sondes est la suivante :

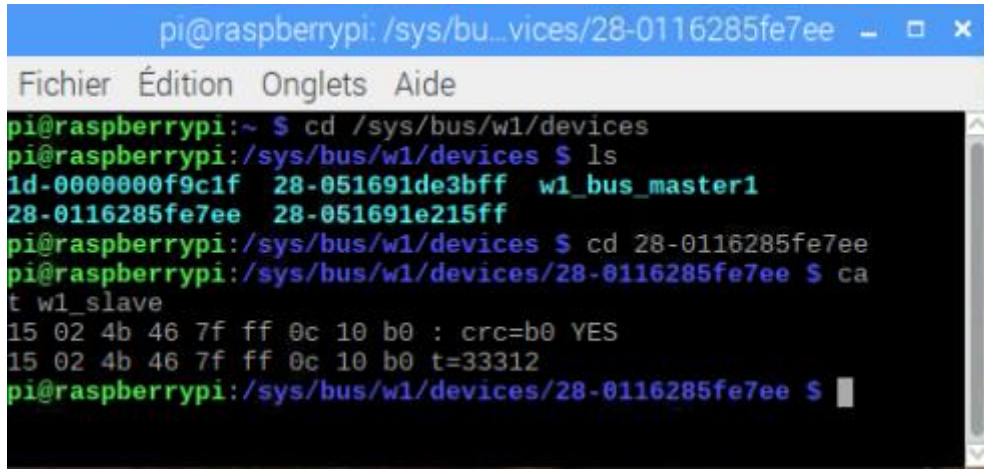


Annexe 9 : Commande de contrôle de connexion des sondes de température et du débitmètre

Nous pouvons observer en bleu ciel dans l'image ci-dessus les capteurs branchés qui sont au nombre de 4. Leur nom défini à quelle catégorie de capteurs ils appartiennent :

- 28-xxx correspond à une sonde de température
- 1d-xxx correspond à un débitmètre

Pour lire la valeur des sondes de températures, la commande suivante peut être exécutée :



```
pi@raspberrypi: /sys/bus/w1/devices/28-0116285fe7ee
Fichier  Édition  Onglets  Aide
pi@raspberrypi:~ $ cd /sys/bus/w1/devices
pi@raspberrypi:/sys/bus/w1/devices $ ls
1d-0000000f9c1f  28-051691de3bff  w1_bus_master1
28-0116285fe7ee  28-051691e215ff
pi@raspberrypi:/sys/bus/w1/devices $ cd 28-0116285fe7ee
pi@raspberrypi:/sys/bus/w1/devices/28-0116285fe7ee $ cat w1_slave
15 02 4b 46 7f ff 0c 10 b0 : crc=b0 YES
15 02 4b 46 7f ff 0c 10 b0 t=33312
pi@raspberrypi:/sys/bus/w1/devices/28-0116285fe7ee $
```

Annexe 10 : Commande de contrôle de la valeur des capteurs 1-wire

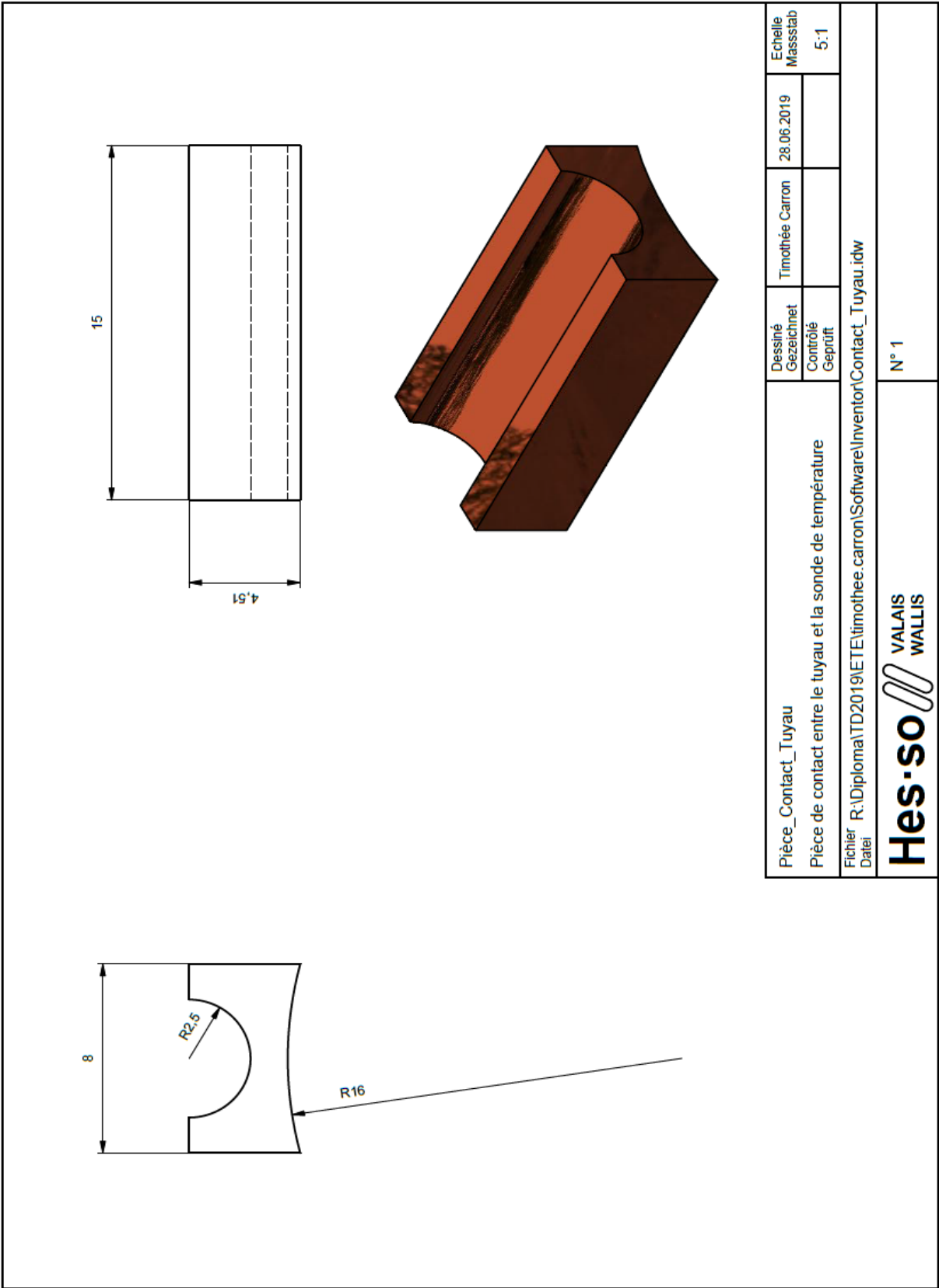
Si les capteurs sont visibles à l'aide des commandes précédentes, cela signifie qu'ils sont correctement connectés. Ils sont donc désormais lisibles dans le serveur OWFS. Si tous les capteurs sont affichés sur le serveur OWFS, tout est en ordre.

6. Liste de matériel et couts

Liste de matériel						
N°	Quantité (totale)	Nom	Référence	Fournisseur	Prix unitaire	Prix total
1	1	DR-15-5 - Switched-Mode Power Supply Adjustable 5 V/2.4 A 12 W, Mean Well	169-97-484	Distrelec	CHF 14.10	CHF 14.10
2	1	Samsung Evo microSDXC - 64GB	20656118	Steg	CHF 26.90	CHF 26.90
3	1	Raspberry Pi 3 Model B+	301-09-158	Distrelec	CHF 39.60	CHF 39.60
4	1	Aeotec - Z-Wave Plus Clamp Power Meter with 3 phases (60A, GEN5)	ZW095-3P4 60A	Swiss Domotic	CHF 138.90	CHF 138.90
5	1	Gioanola - Compteur d'eau chaude à Impulsion	USLC-20	Swiss Domotic	CHF 79.90	CHF 79.90
6	4	Maxim - Capteur de température 1-Wire DS18B20 Waterproof (longueur 1m)	DS18B20_WP	Swiss Domotic	CHF 10.90	CHF 43.60
7	1	Sensitive - Capteur de température et de luminosité extra fin Z-Wave+ Strips Comfort	TS13689	Swiss Domotic	CHF 63.90	CHF 63.90
8	1	TL-PA4010KIT - Kit de démarrage Powerline Nano 1x 10/100 500 Mbps, TP-Link	110-39-353	Distrelec	CHF 46.10	CHF 46.10
9	1	CBRPI-DR-2-3-CLR - Boîtier sur rail DIN pour Raspberry Pi, 90 x 88 x 58 mm, Polycarbonate, gris, Camdenboss	300-63-933	Distrelec	CHF 12.40	CHF 12.40
10	1	EKIB 180 T - Boîtier Couverture transparent 280x190x180mm Polycarbonate IP66/IP67, Fibox	301-15-129	Distrelec	CHF 83.30	CHF 83.30
11	4	DG-TPE 21 (0144 0050 010) - Manchon avec membrane 21 mm Caoutchouc thermoplastique Noir, SES sterling	155-12-356	Distrelec	CHF 1.40	CHF 5.60
12	1	Aeotec - Contrôleur USB Z-Wave Plus Z-Stick ZW090C GEN5	AEO_ZW090C	Swiss Domotic	CHF 59.90	CHF 59.90
13	1	Roline USB 2.0 Micro 1.8m; USB2 Micro câble 1.8m	18726022	Steg	CHF 15.90	CHF 15.90
Total					CHF 630.10	

Annexe 11 : Liste du matériel nécessaire pour un système

7. Schéma mécanique des pièces de contact pour capteurs



Annexe 12 : Schéma mécanique des pièces de contact pour capteurs

8. Mesures de COP sans ajustements

Test sans modifications des valeurs

RUN 1				RUN 2				RUN 3			
Acquisition Calec		Acquisition Hes		Acquisition Calec		Acquisition Hes		Acquisition Calec		Acquisition Hes	
Energie Electrique	2.37 kWh	Energie Electrique	2.33 kWh	Energie Electrique	1.38 kWh	Energie Electrique	1.33 kWh	Energie Electrique	2.11 kWh	Energie Electrique	2.08 kWh
Energie Thermique	11.16 kWh	Energie Thermique	9.61 kWh	Energie Thermique	8.84 kWh	Energie Thermique	7.89 kWh	Energie Thermique	11.14 kWh	Energie Thermique	8.96 kWh
COP Calec	4.71	COP Hes	4.13	COP Calec	6.43	COP Hes	5.94	COP Calec	5.27	COP Hes	4.32
Résultats			Résultats			Résultats			Résultats		
Erreur Standard	12.29%	Delta COP	0.58	Erreur Standard	7.65%	Delta COP	0.49	Erreur Standard	18.04%	Delta COP	0.95
RUN 4				RUN 5							
Acquisition Calec		Acquisition Hes		Acquisition Calec		Acquisition Hes					
Energie Electrique	1.64 kWh	Energie Electrique	1.61 kWh	Energie Electrique	2.21 kWh	Energie Electrique	2.15 kWh				
Energie Thermique	9.13 kWh	Energie Thermique	7.01 kWh	Energie Thermique	14.70 kWh	Energie Thermique	12.62 kWh				
COP Calec	5.57	COP Hes	4.36	COP Calec	6.67	COP Hes	5.88				
Résultats			Résultats			Résultats					
Erreur Standard	21.62%	Delta COP	1.20	Erreur Standard	11.75%	Delta COP	0.78				

Annexe 13 : Mesures de COP sans ajustements

9. Mesure de COP avec ajustements

Test avec modifications des valeurs

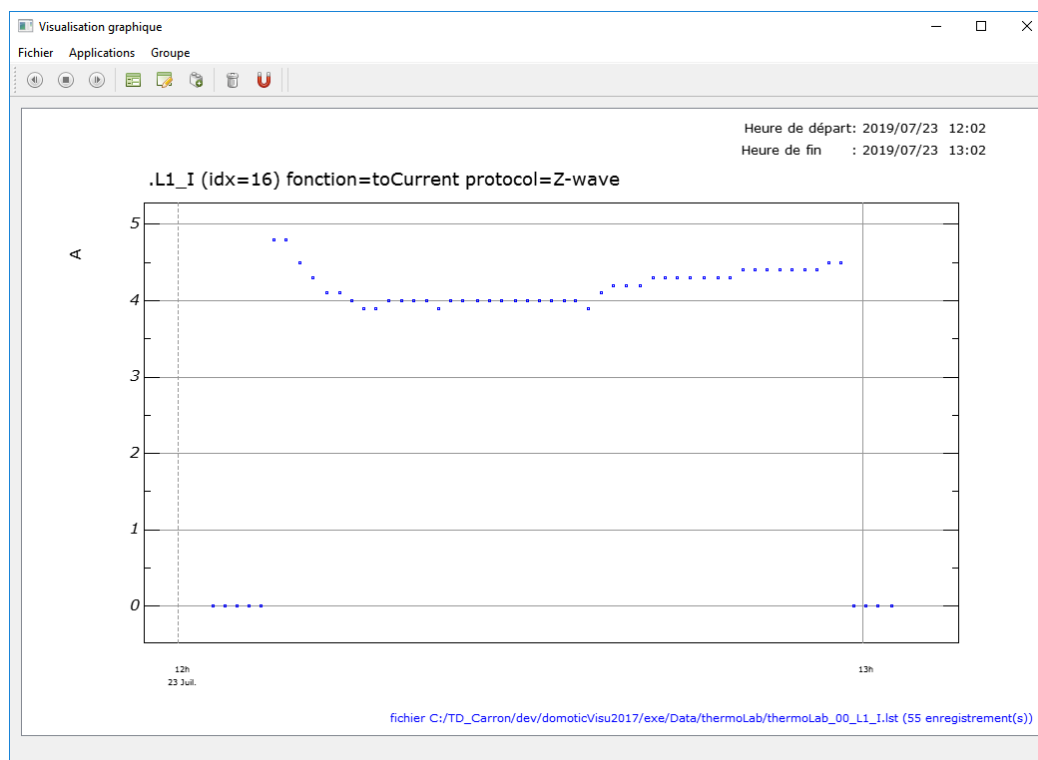
RUN 1				RUN 2				RUN 3			
Acquisition Calec		Acquisition Hes		Acquisition Calec		Acquisition Hes		Acquisition Calec		Acquisition Hes	
Energie Electrique	2.37 kWh	Energie Electrique	2.33 kWh	Energie Electrique	1.38 kWh	Energie Electrique	1.33 kWh	Energie Electrique	2.11 kWh	Energie Electrique	2.08 kWh
Energie Thermique	11.16 kWh	Energie Thermique	11.18 kWh	Energie Thermique	8.84 kWh	Energie Thermique	9.11 kWh	Energie Thermique	11.14 kWh	Energie Thermique	10.74 kWh
COP Calec	4.71	COP Hes	4.81	COP Calec	6.43	COP Hes	6.85	COP Calec	5.27	COP Hes	5.17
Résultats				Résultats				Résultats			
Erreur Standard	-2.05%	Delta COP	-0.10	Erreur Standard	-6.58%	Delta COP	-0.42	Erreur Standard	1.84%	Delta COP	0.10
RUN 4				RUN 5							
Acquisition Calec		Acquisition Hes		Acquisition Calec		Acquisition Hes					
Energie Electrique	1.64 kWh	Energie Electrique	1.61 kWh	Energie Electrique	2.21 kWh	Energie Electrique	2.15 kWh				
Energie Thermique	9.13 kWh	Energie Thermique	8.35 kWh	Energie Thermique	14.70 kWh	Energie Thermique	14.44 kWh				
COP Calec	5.57	COP Hes	5.20	COP Calec	6.67	COP Hes	6.73				
Résultats				Résultats							
Erreur Standard	6.69%	Delta COP	0.37	Erreur Standard	0.96%	Delta COP	-0.06				

Annexe 14 : Mesures de COP avec ajustements

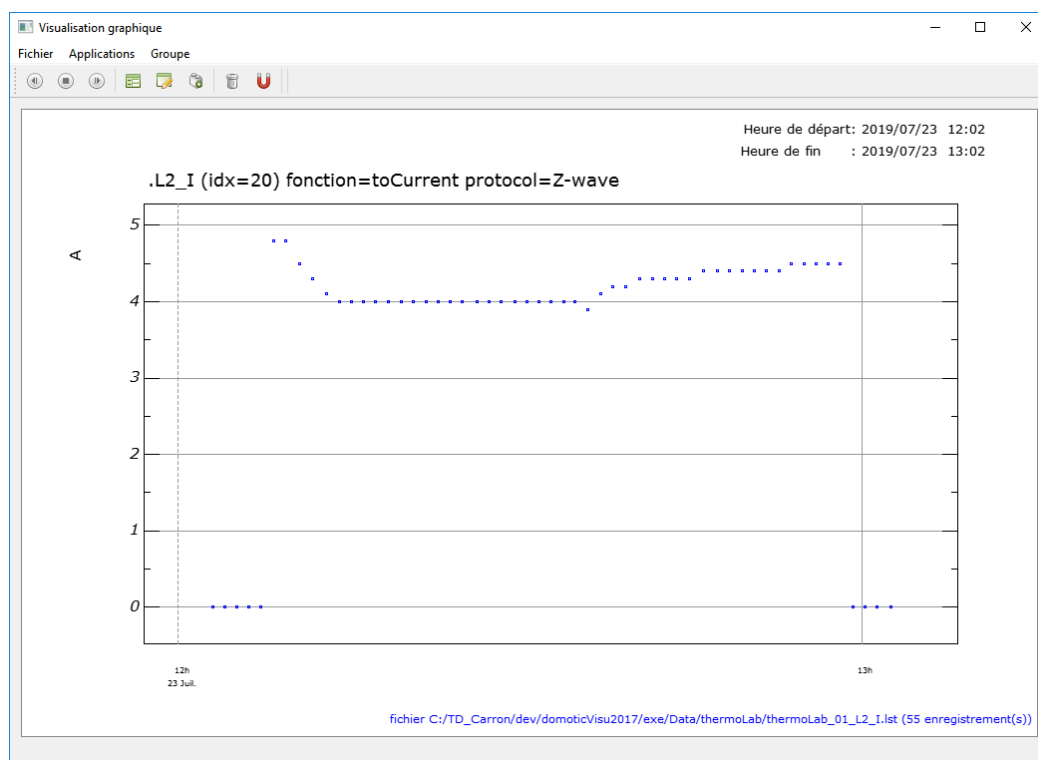
10. *Liste des runs*

- RUN 1 :
 - Run d'eau chaude sanitaire
 - Début de la mesure à 15h22
 - Fin de la mesure à 16h14
 - Simulation température externe de 5°C
- RUN 2 :
 - Run d'eau chaude sanitaire
 - Début de la mesure à 12h55
 - Fin de la mesure à 13h32
 - Simulation température externe de 5°C
 - Température de consigne de 42°C
- RUN 3 (23.07.2019) :
 - Run d'eau chaude sanitaire
 - Début de la mesure à 9h23
 - Fin de mesure à 10h17
 - Simulation température externe de 2 °C
 - Température de consigne de 40°C
- RUN 4 (23.07.2019) :
 - Run d'eau chaude sanitaire
 - Début de la mesure à 11h05
 - Fin de mesure à 12h00
 - Simulation température externe de 10°C
 - Température de consigne de 40°C
- RUN 5 (23.07.2019) :
 - Run d'eau de chauffage
 - Début de la mesure à 12h02
 - Fin de la mesure à 13h02
 - Simulation température externe de 10°C
 - Température de consigne de 30°C

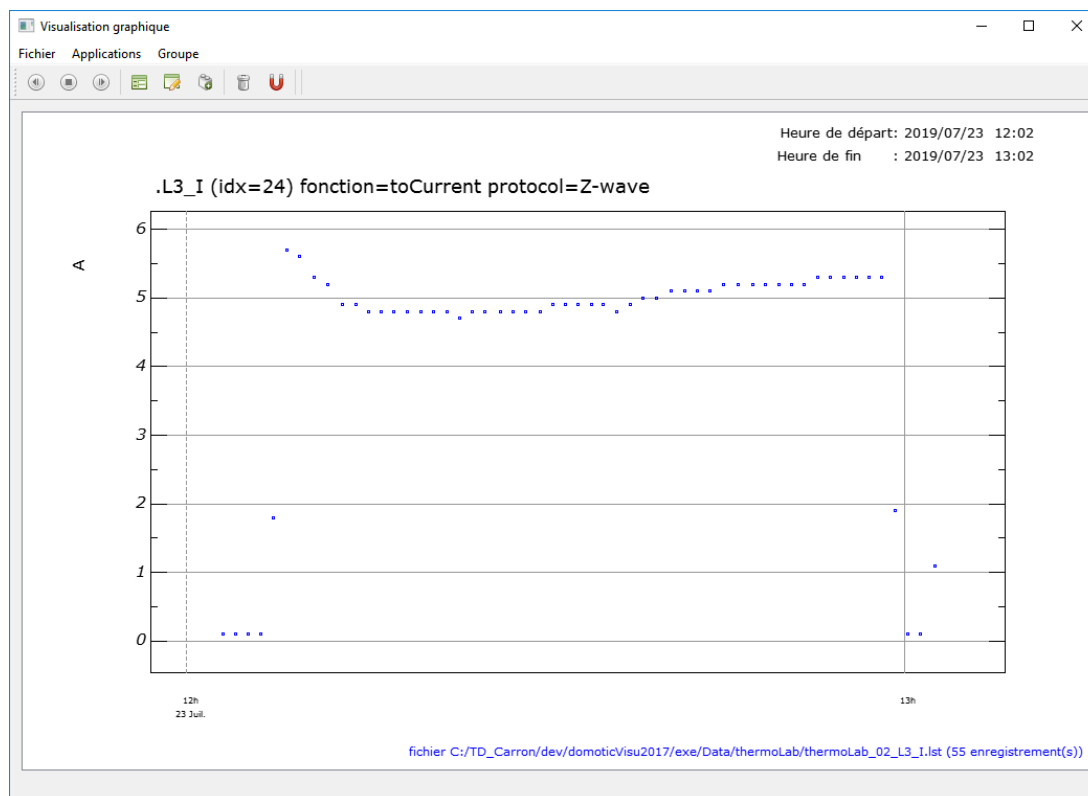
11. Liste des graphiques et image



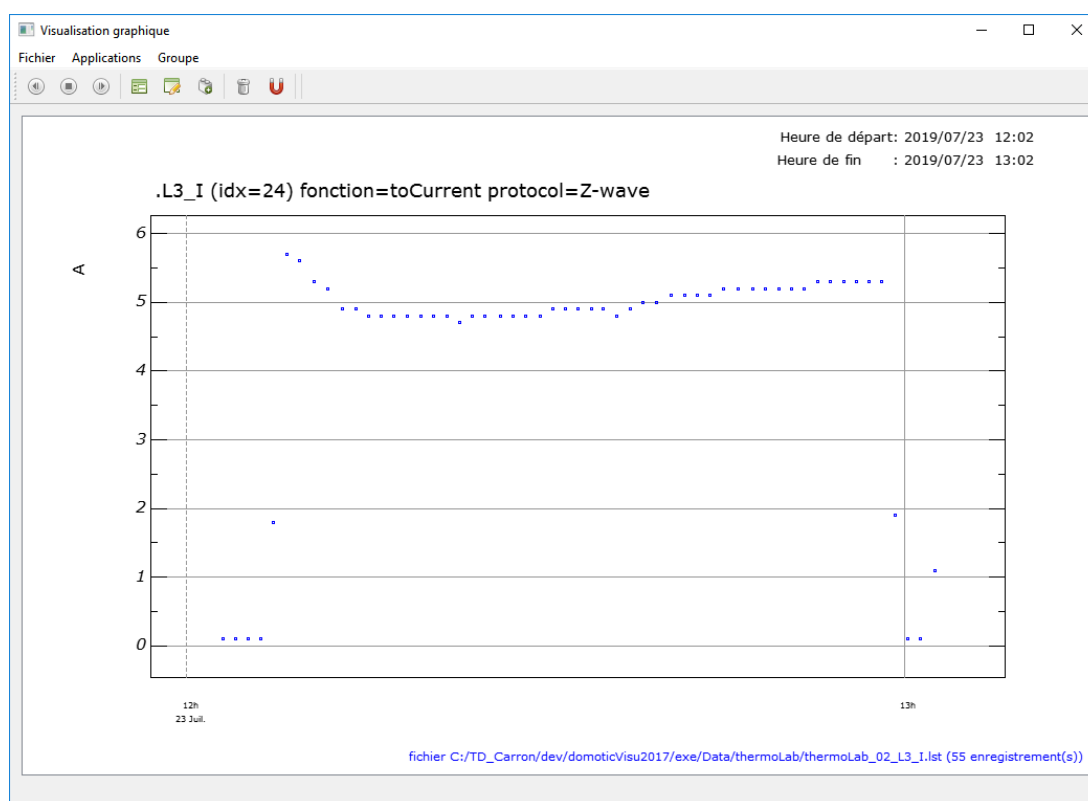
Annexe 15 : Graphe du courant de la phase L1



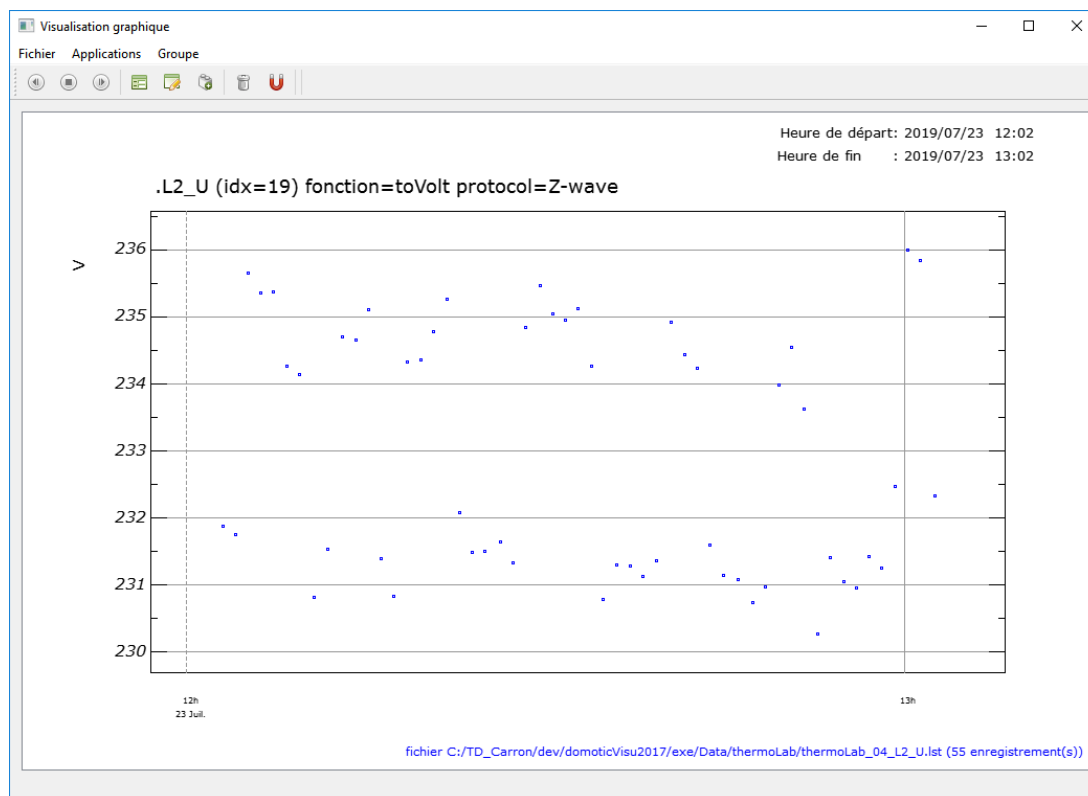
Annexe 16 : Graphe du courant de la phase L2



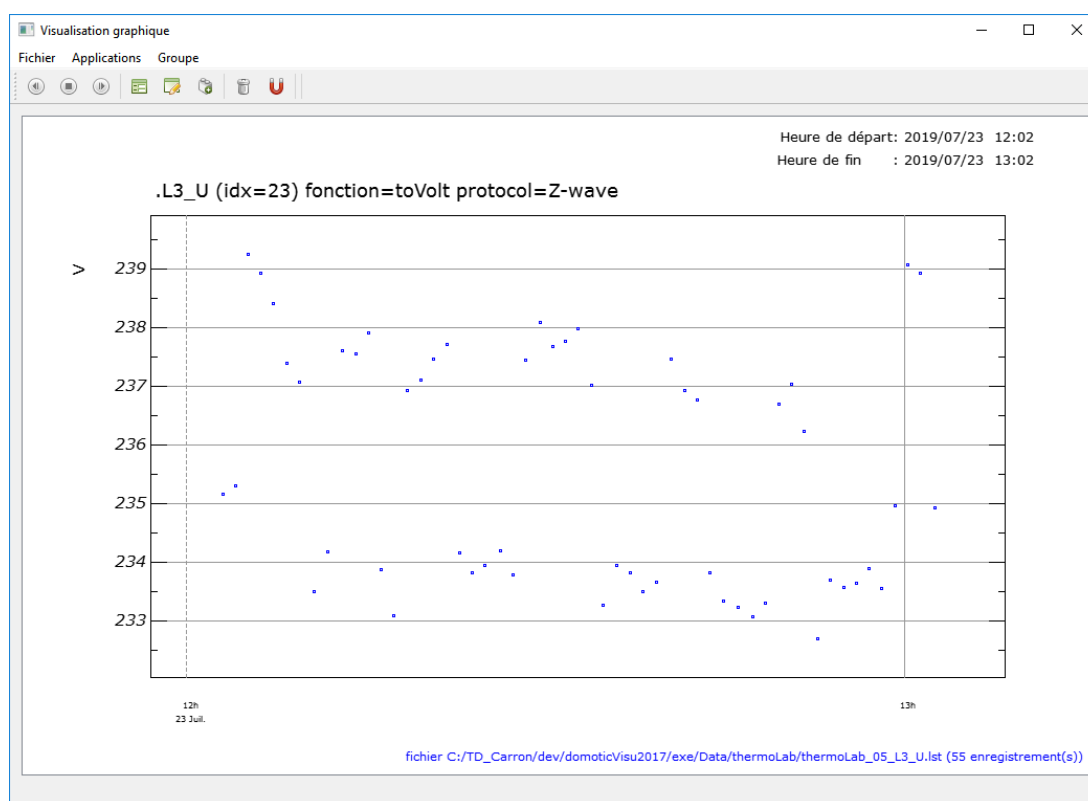
Annexe 17 : Graphe du courant de la phase L3



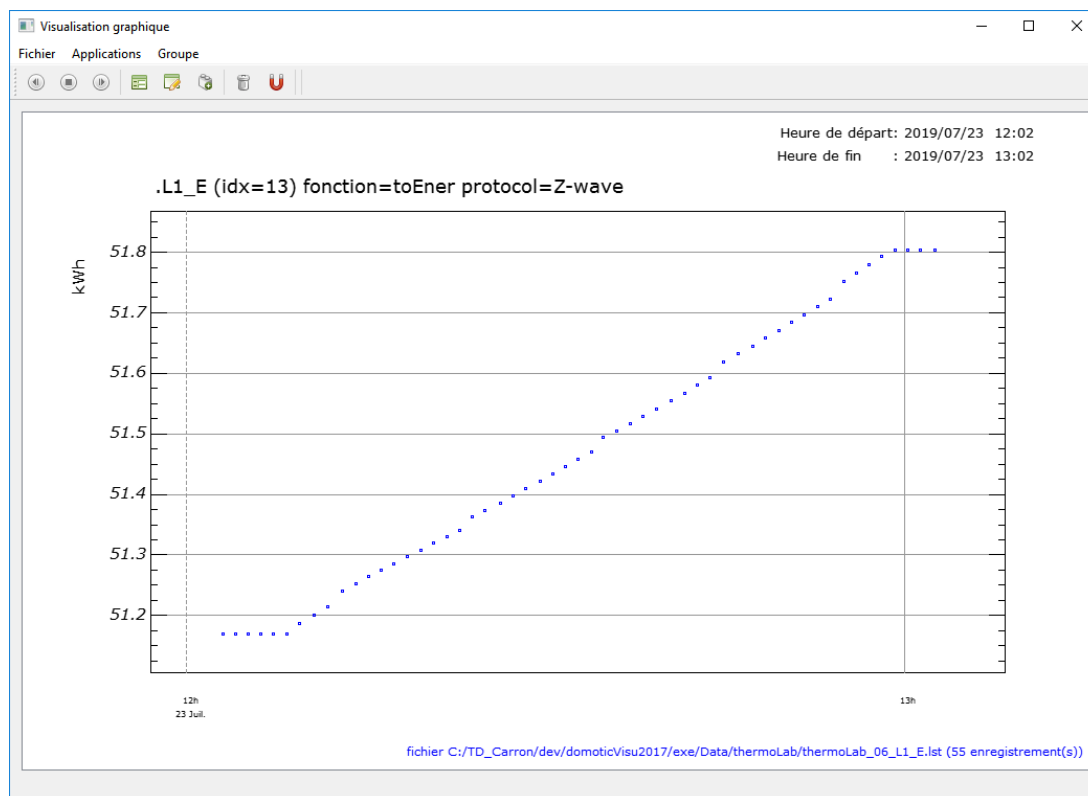
Annexe 18 : Graphe de la tension de la phase L1



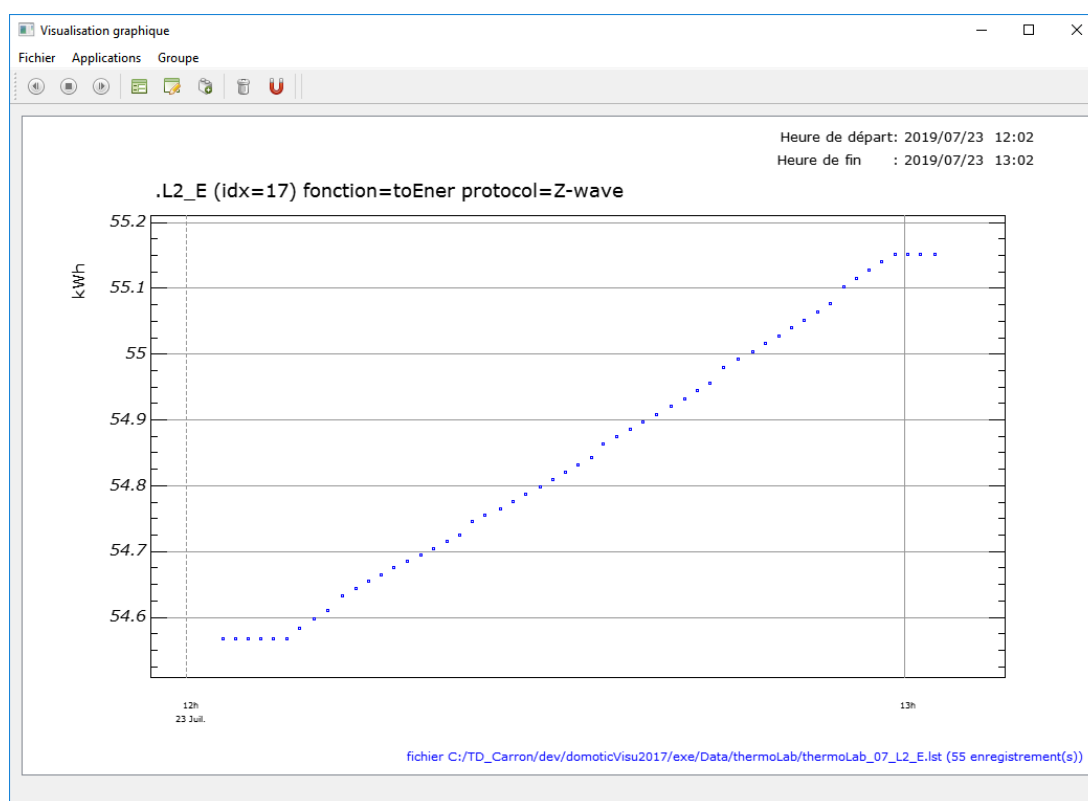
Annexe 19 : Graphe de la tension de la phase L2



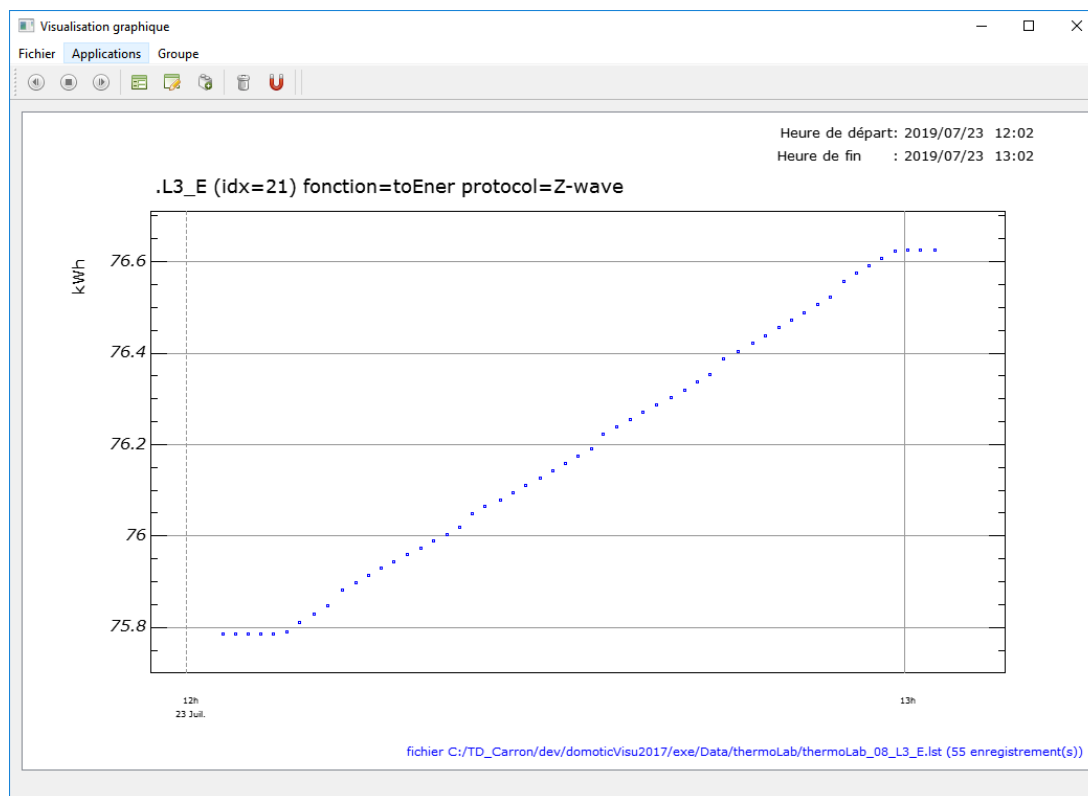
Annexe 20 : Graphe de la tension de la phase L3



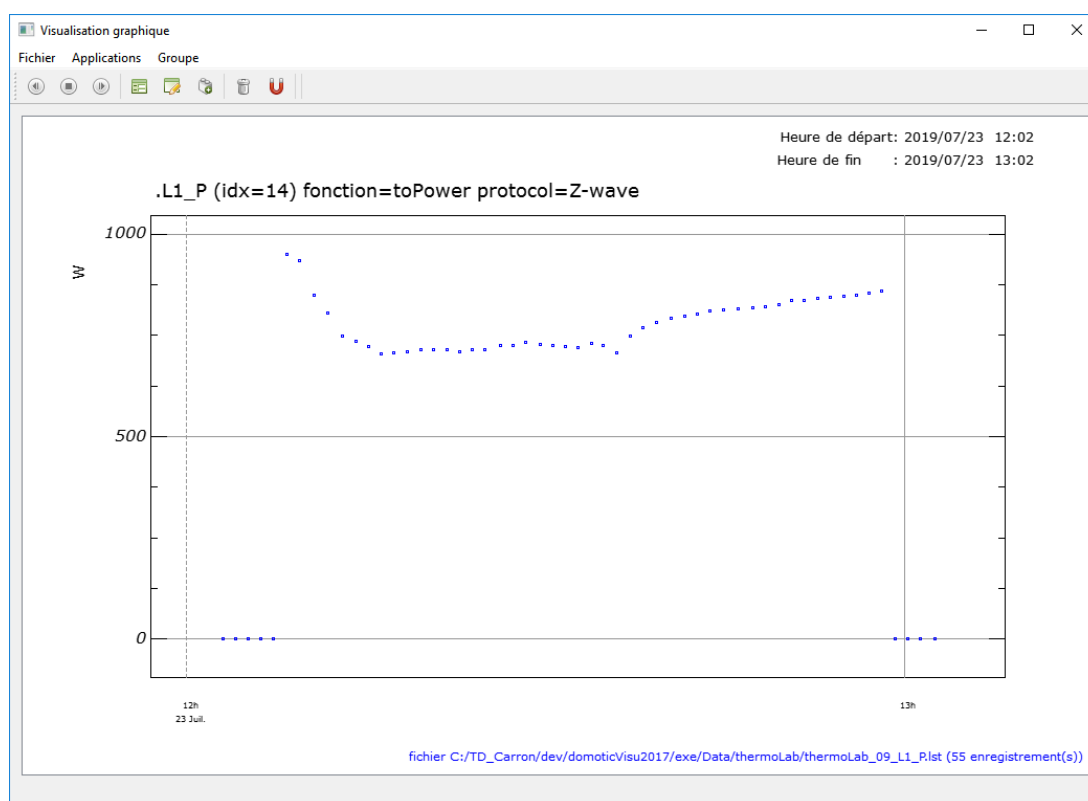
Annexe 21 : Graphe de l'énergie de la phase L1



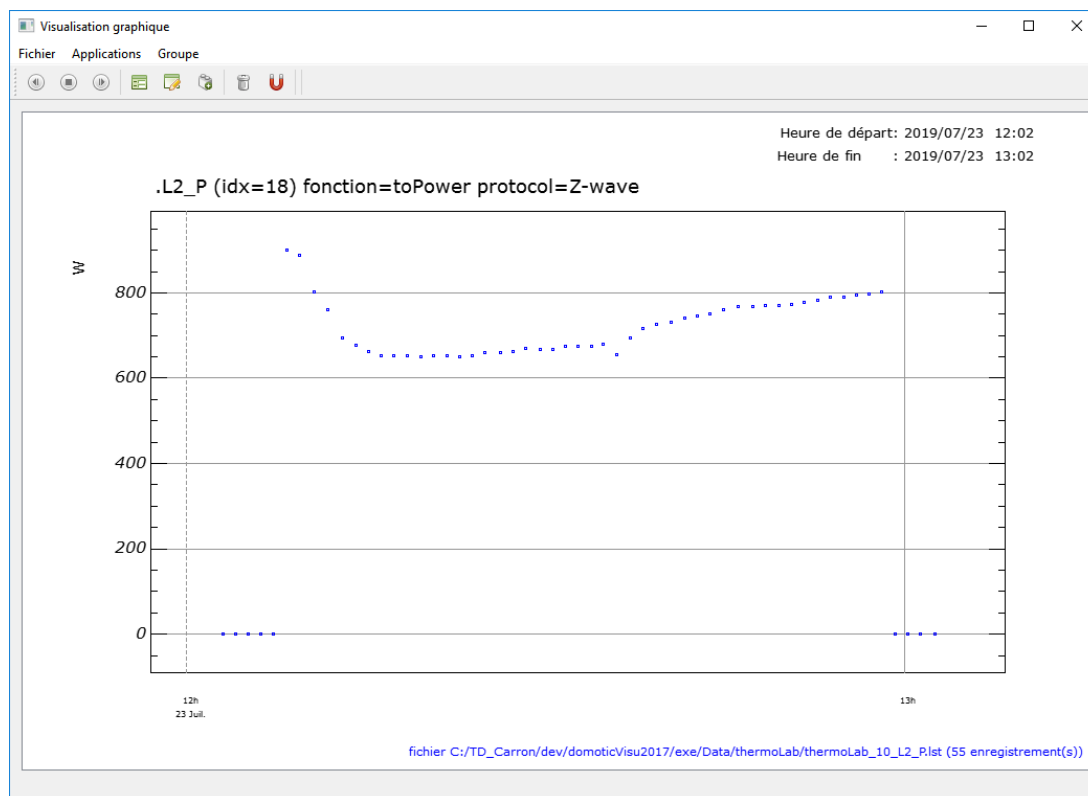
Annexe 22 : Graphe de l'énergie de la phase L2



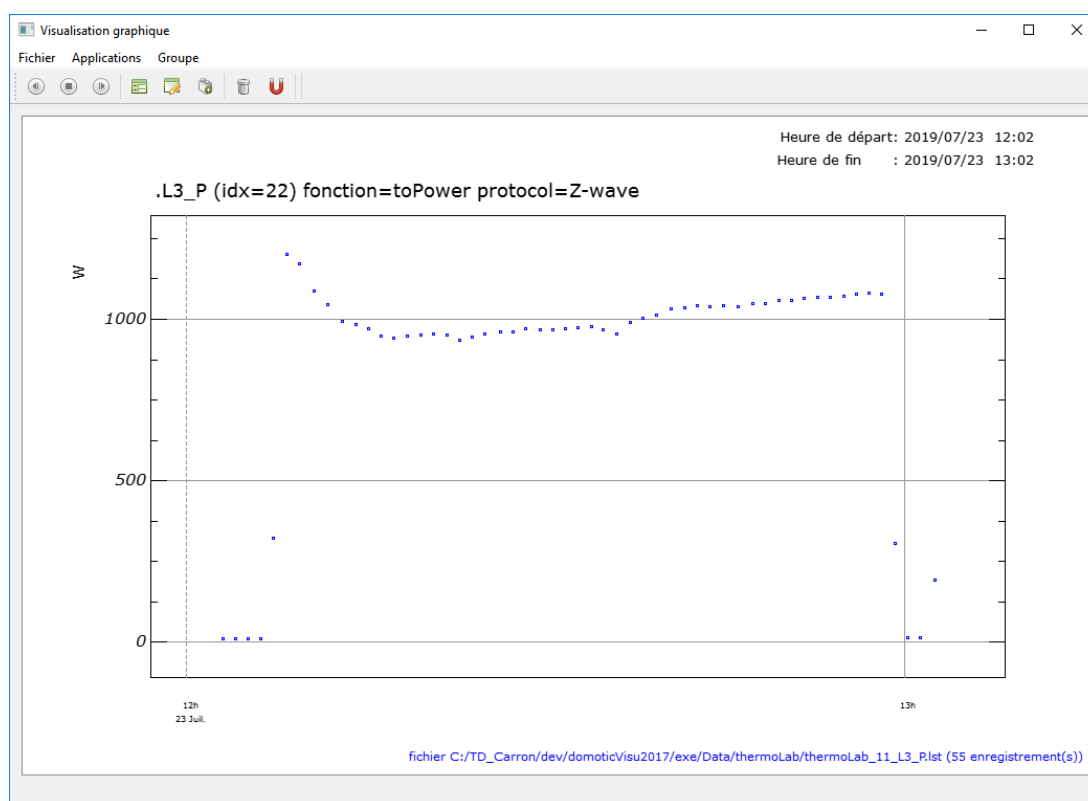
Annexe 23 : Graphe de l'énergie de la phase L3



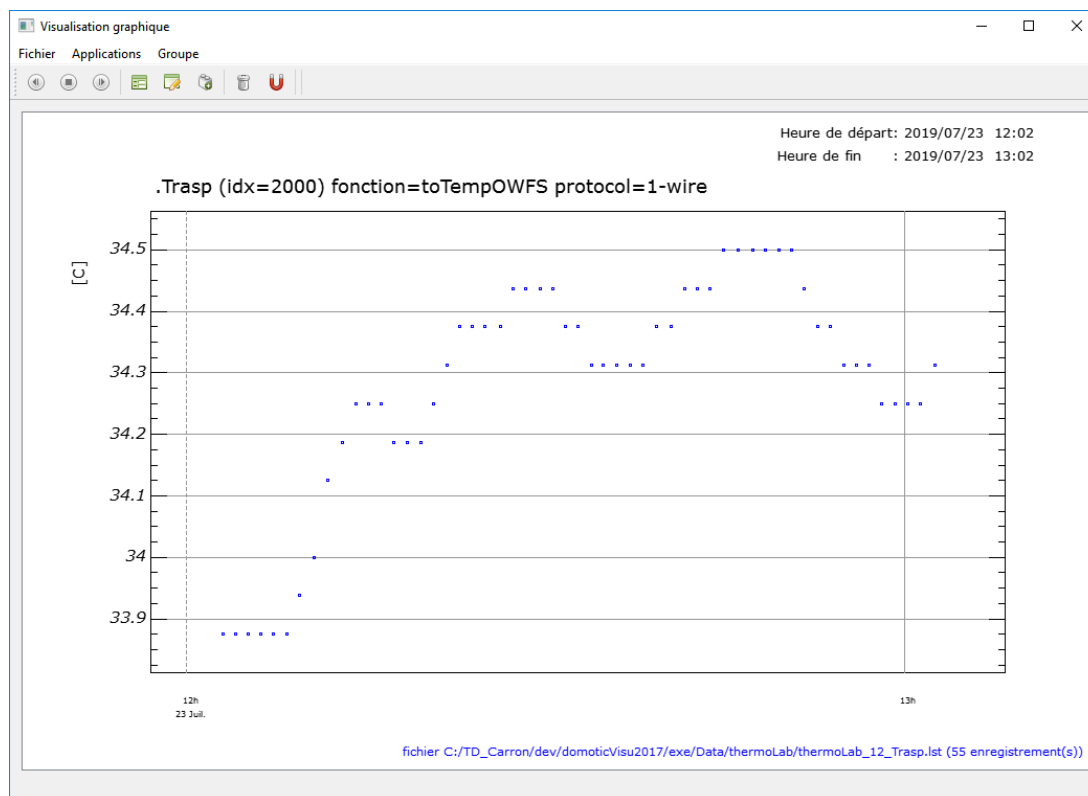
Annexe 24 : Graphe de la puissance de la phase L1



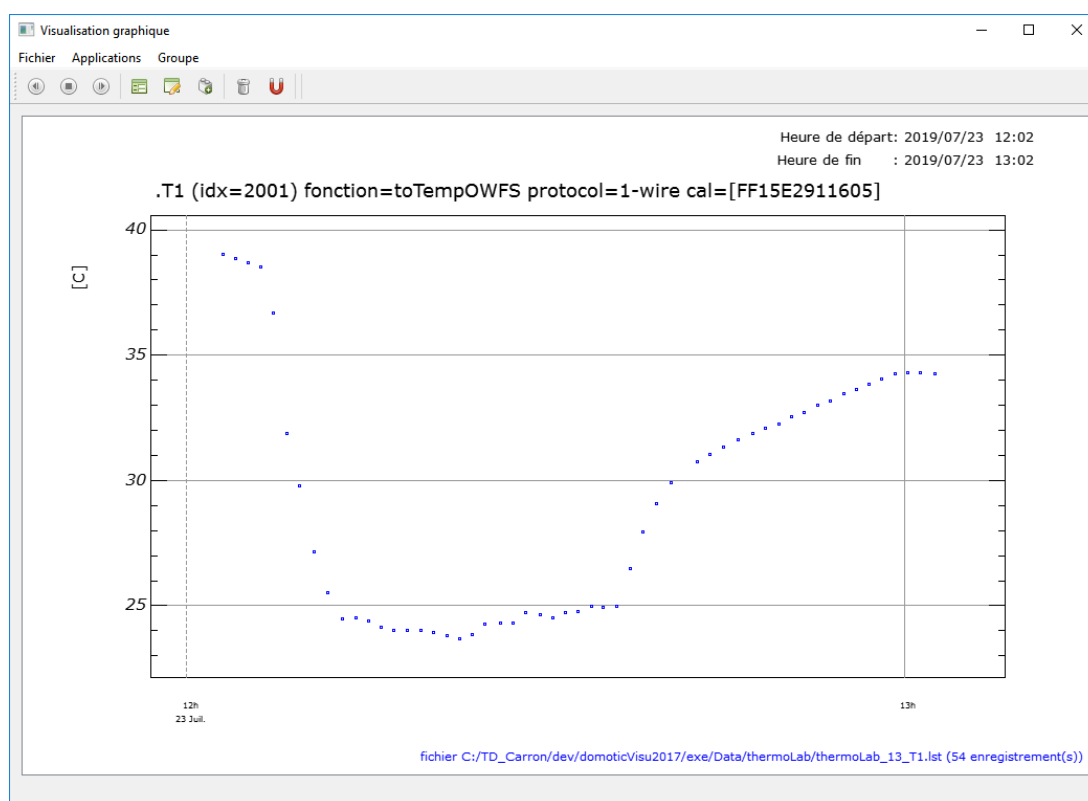
Annexe 25 : Graphe de la puissance de la phase L2



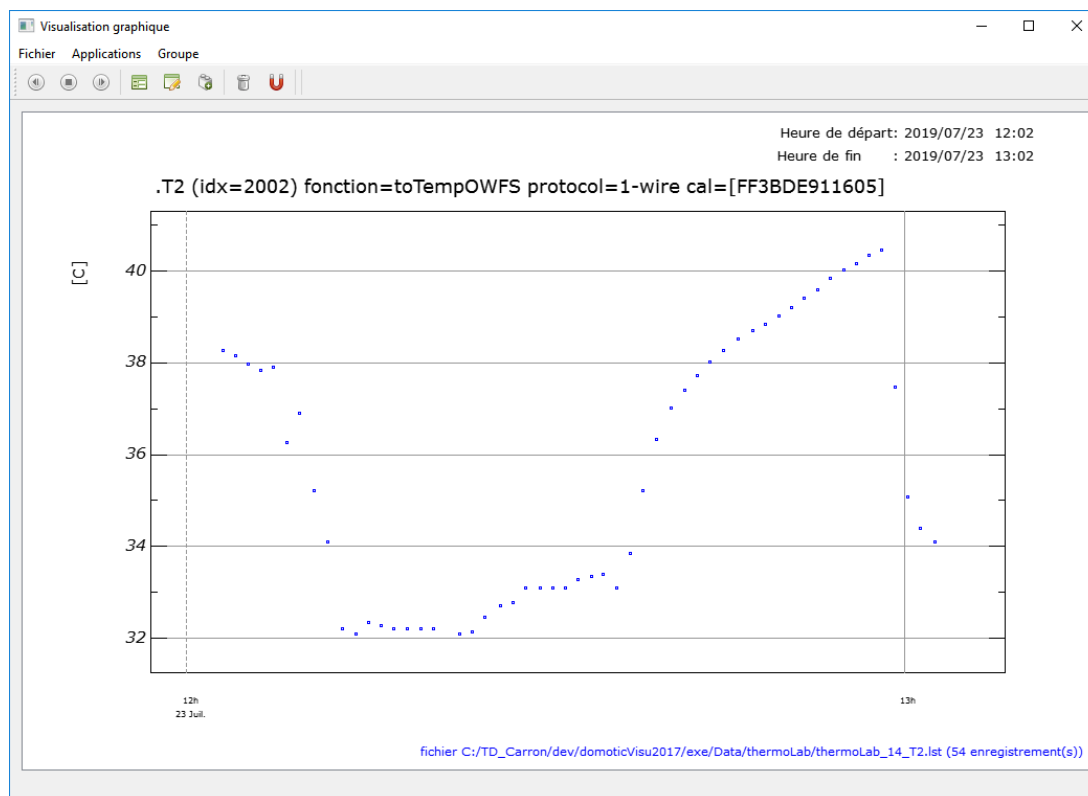
Annexe 26 : Graphe de la puissance de la phase L3



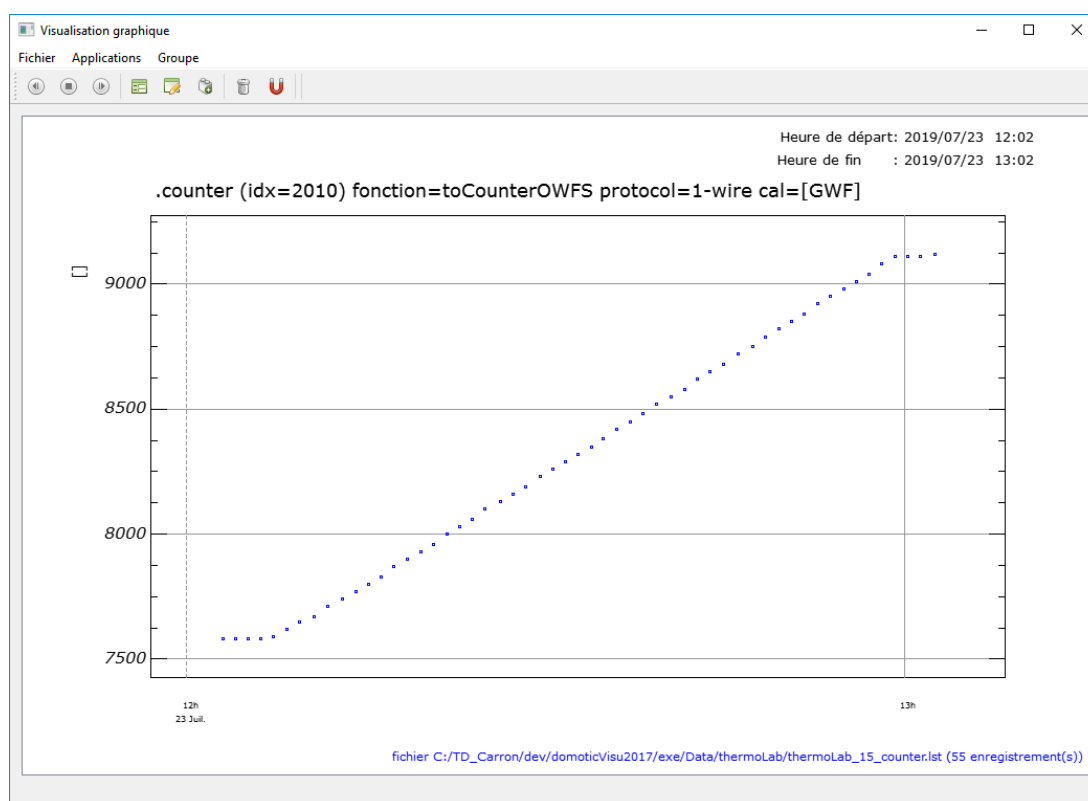
Annexe 27 : Graphe de la température du Raspberry pi



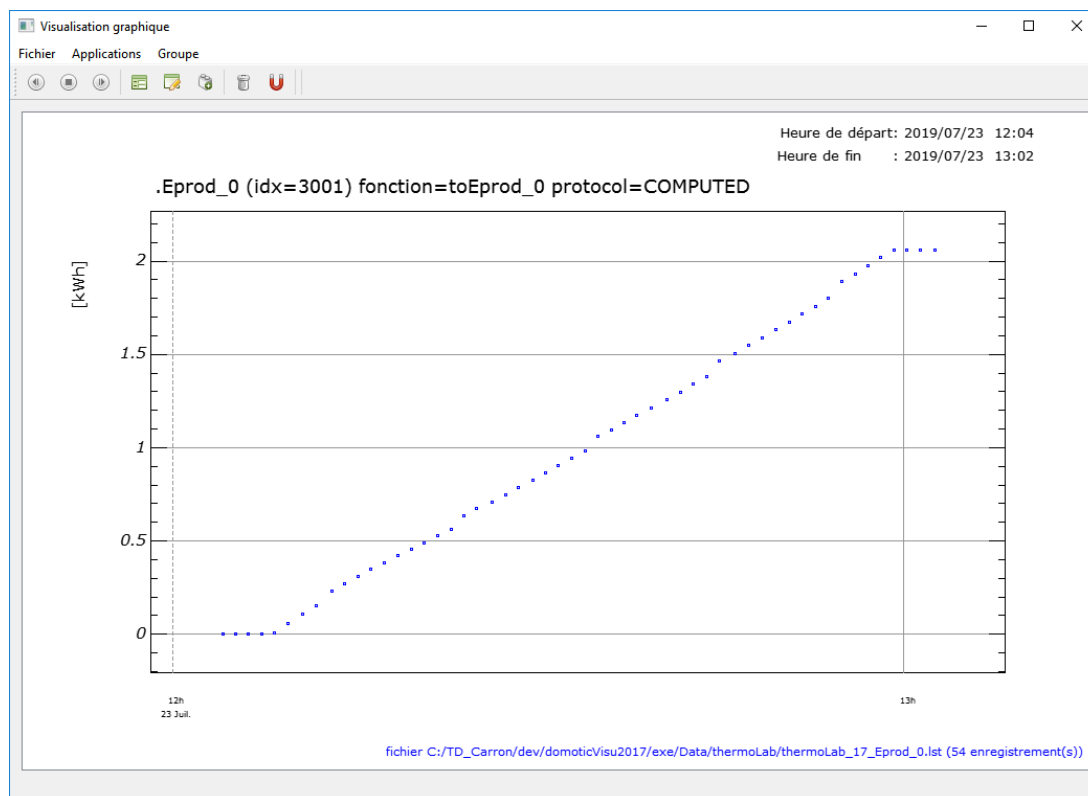
Annexe 28 : Graphe de la température 1 (Température de retour)



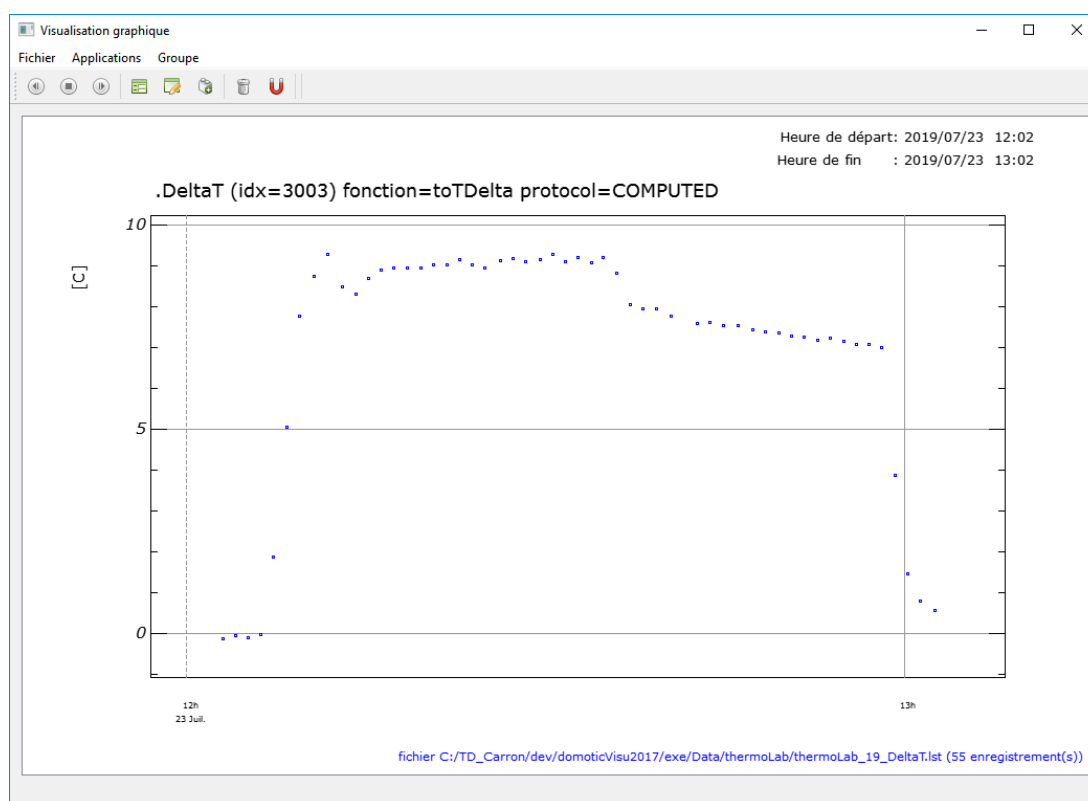
Annexe 29 : Graphe de la température 2 (Température de départ)



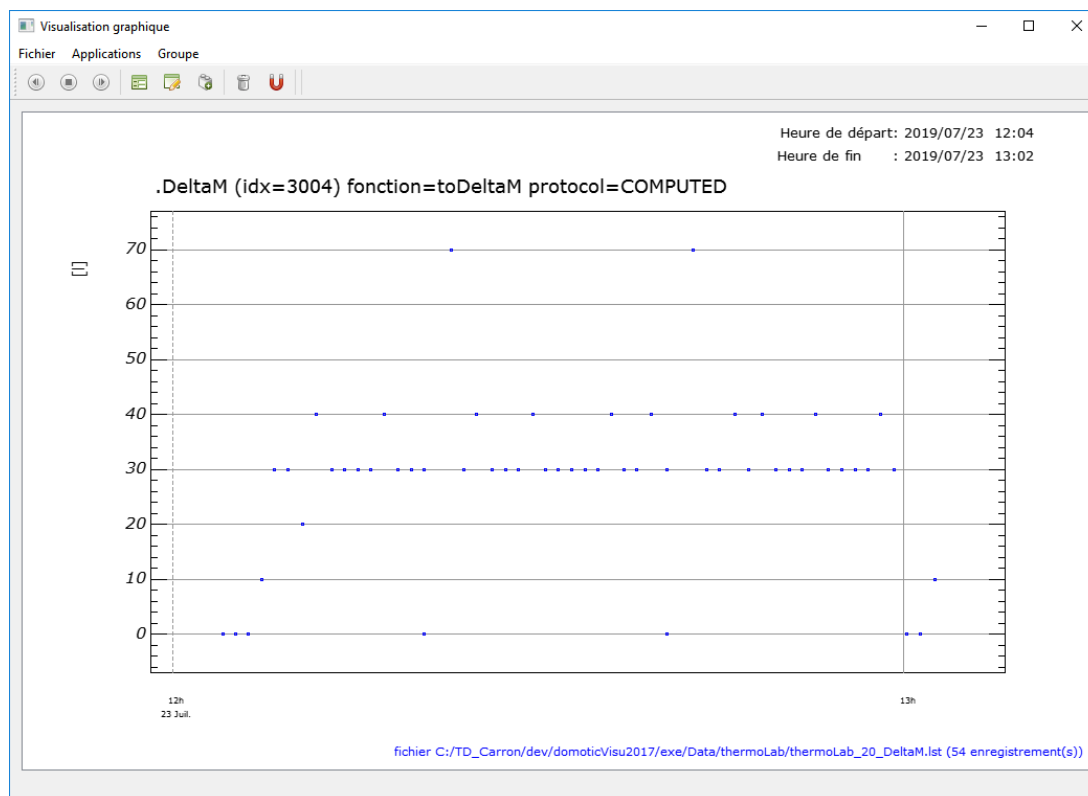
Annexe 30 : Graphe du counter (Nombre d'impulsions)



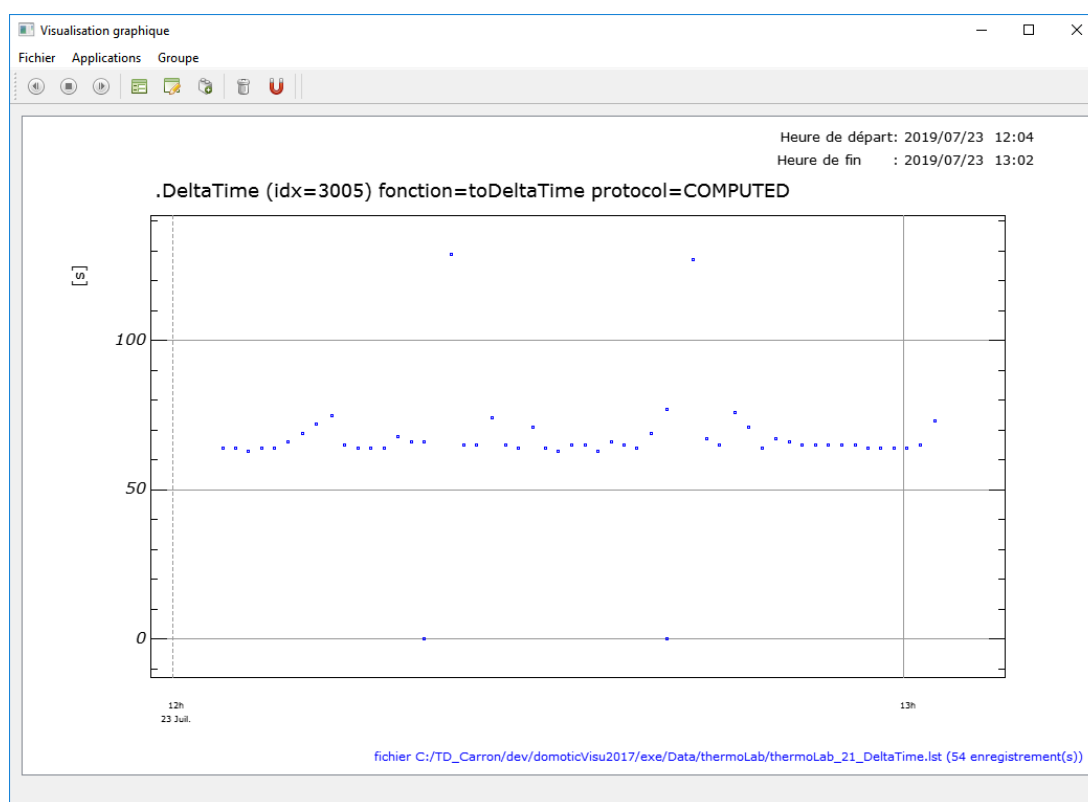
Annexe 31 : Annexe 31 : Graphe de l'énergie électrique totale consommée



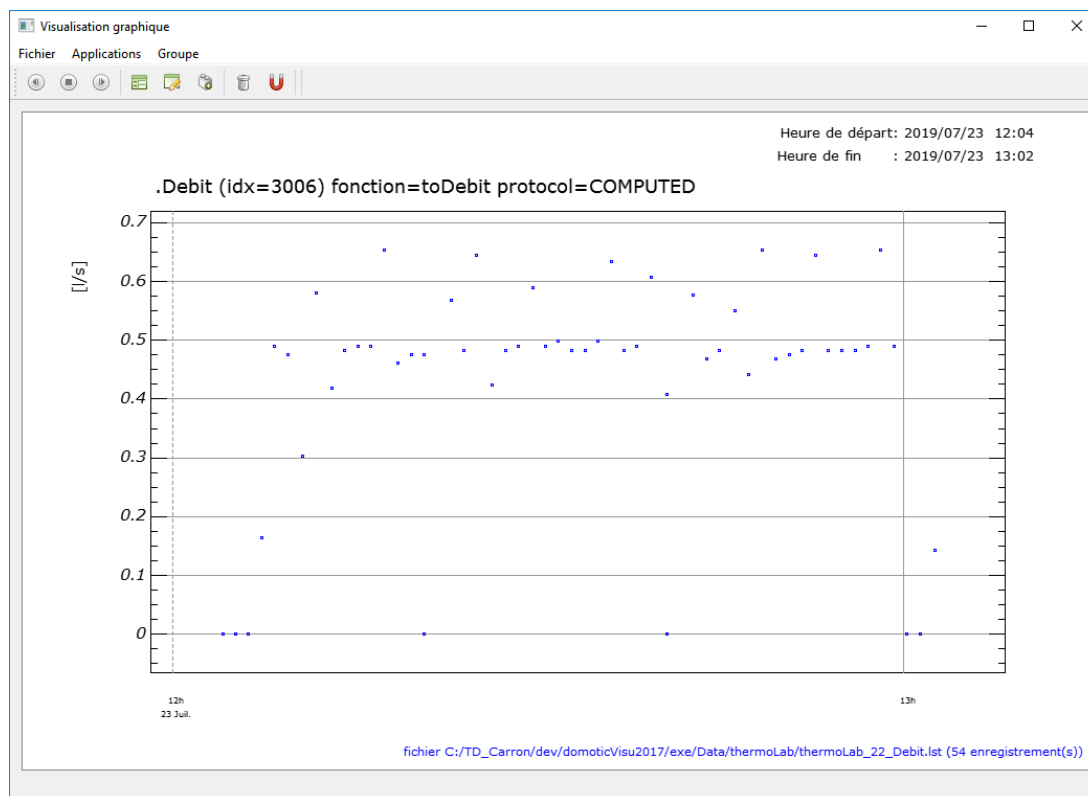
Annexe 32 : Graphe de la différence de température



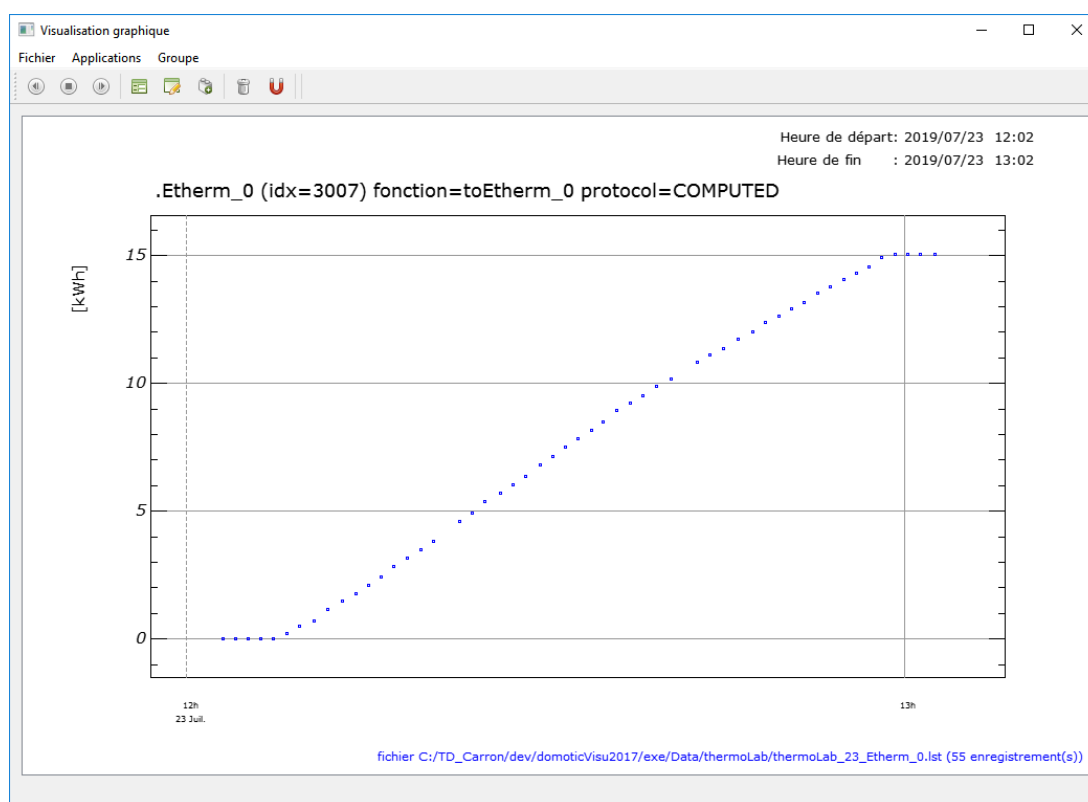
Annexe 33 : Graphe de la différence entre deux mesure du compteur [en litre]



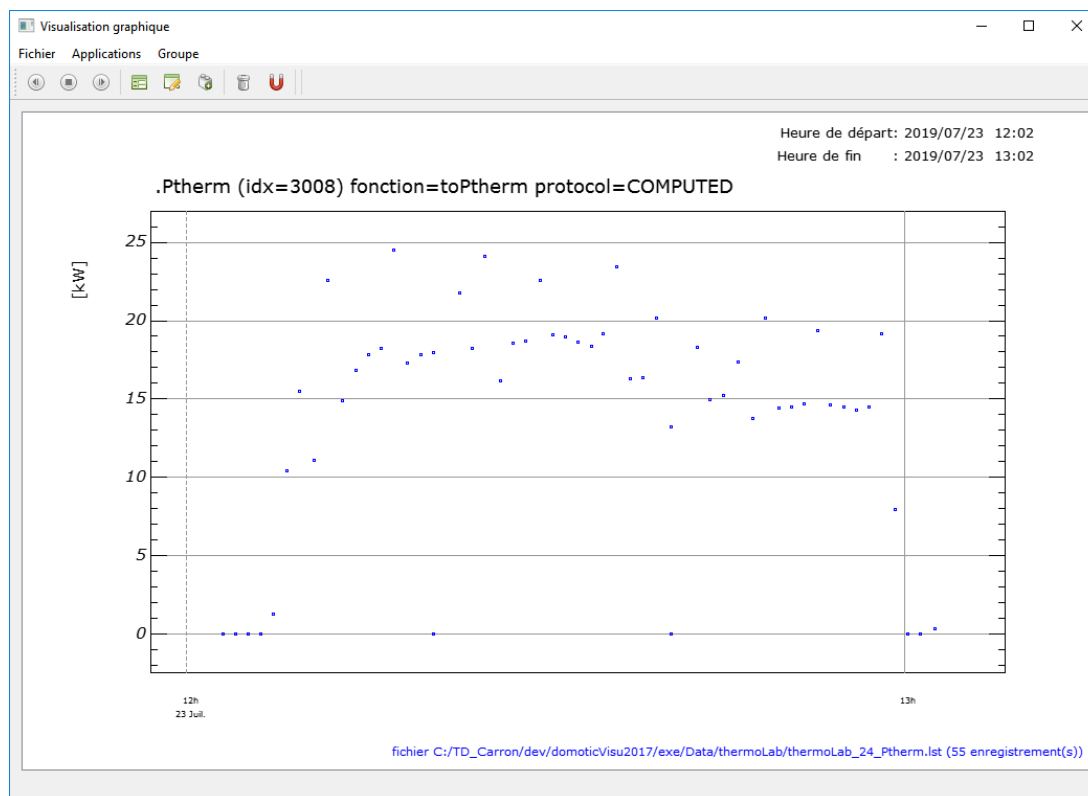
Annexe 34 : Graphe de l'intervalle de temps entre deux mesures



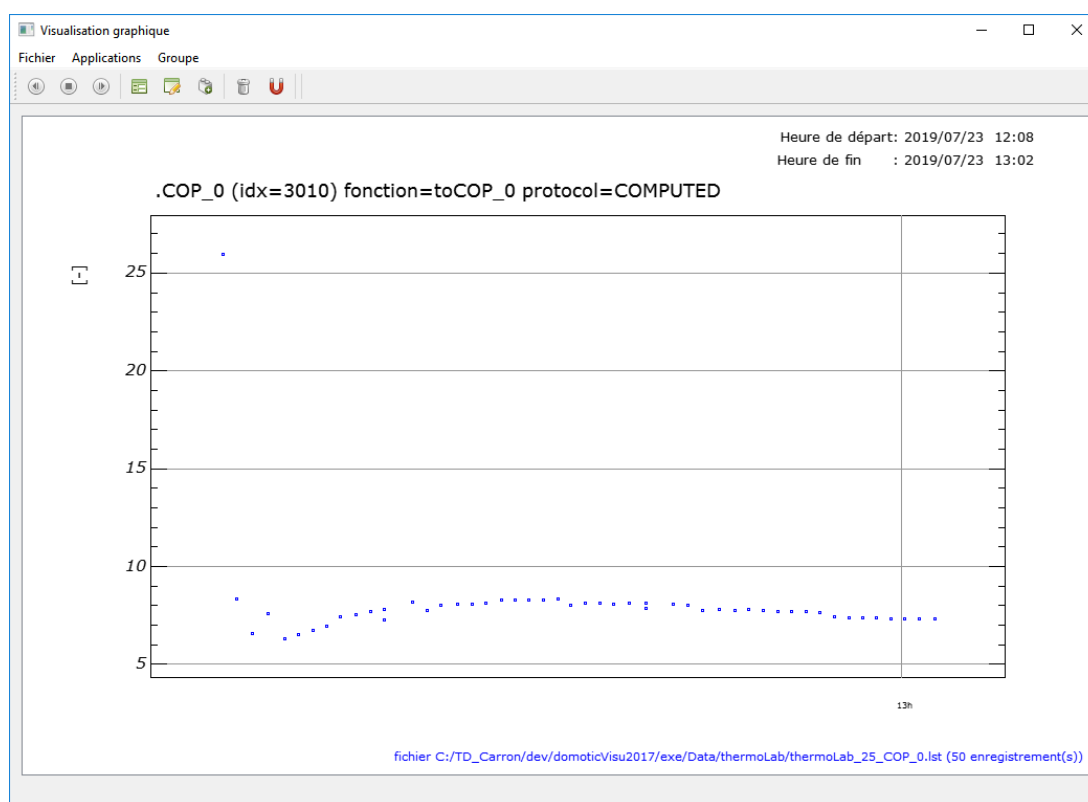
Annexe 35 : Graphe du débit



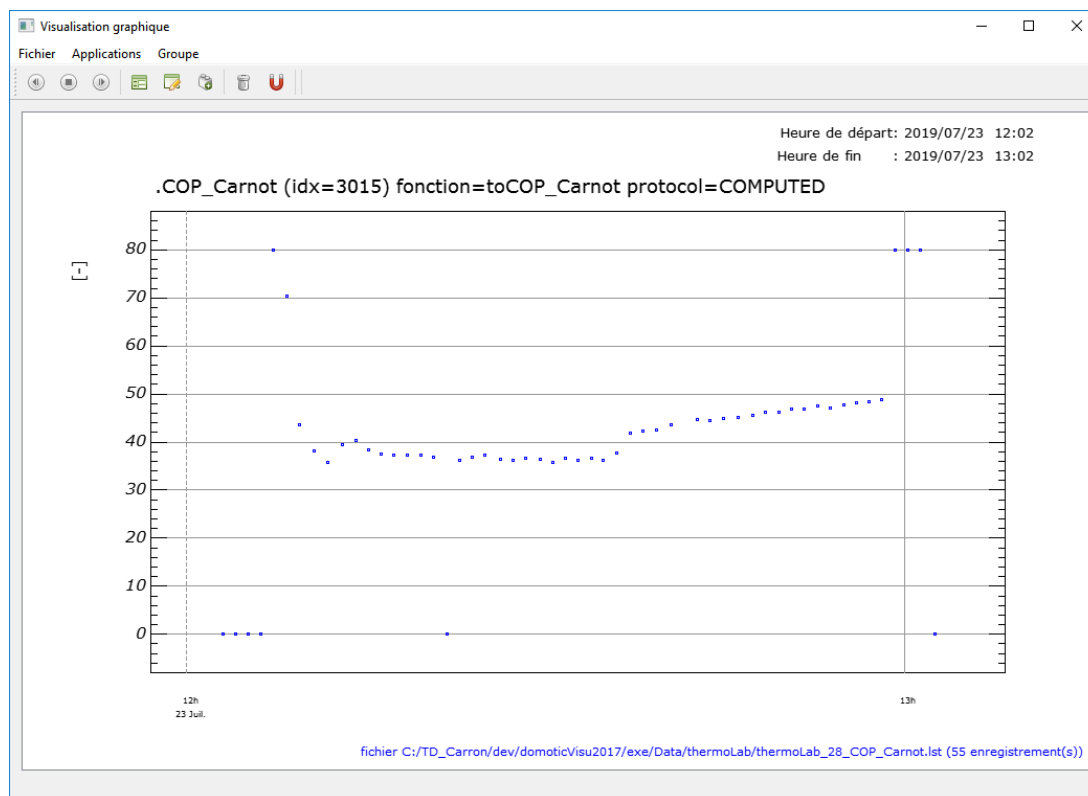
Annexe 36 : Graphe de l'énergie thermique totale



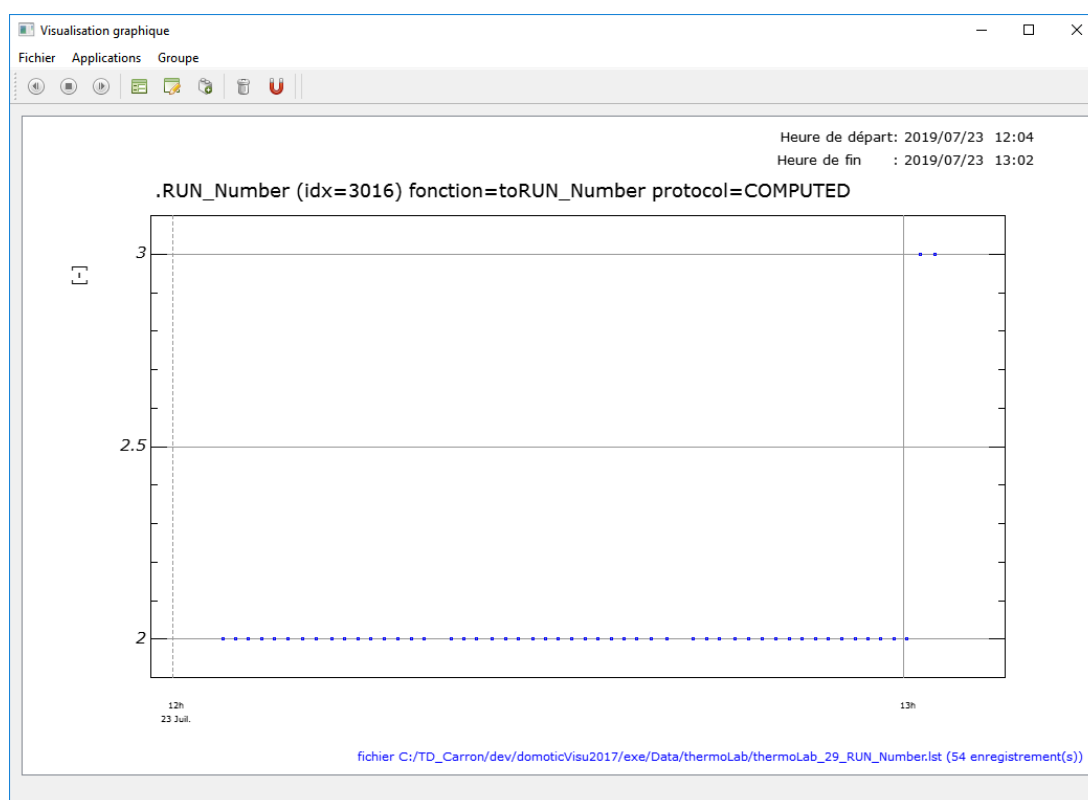
Annexe 37 : Graphe de la puissance thermique



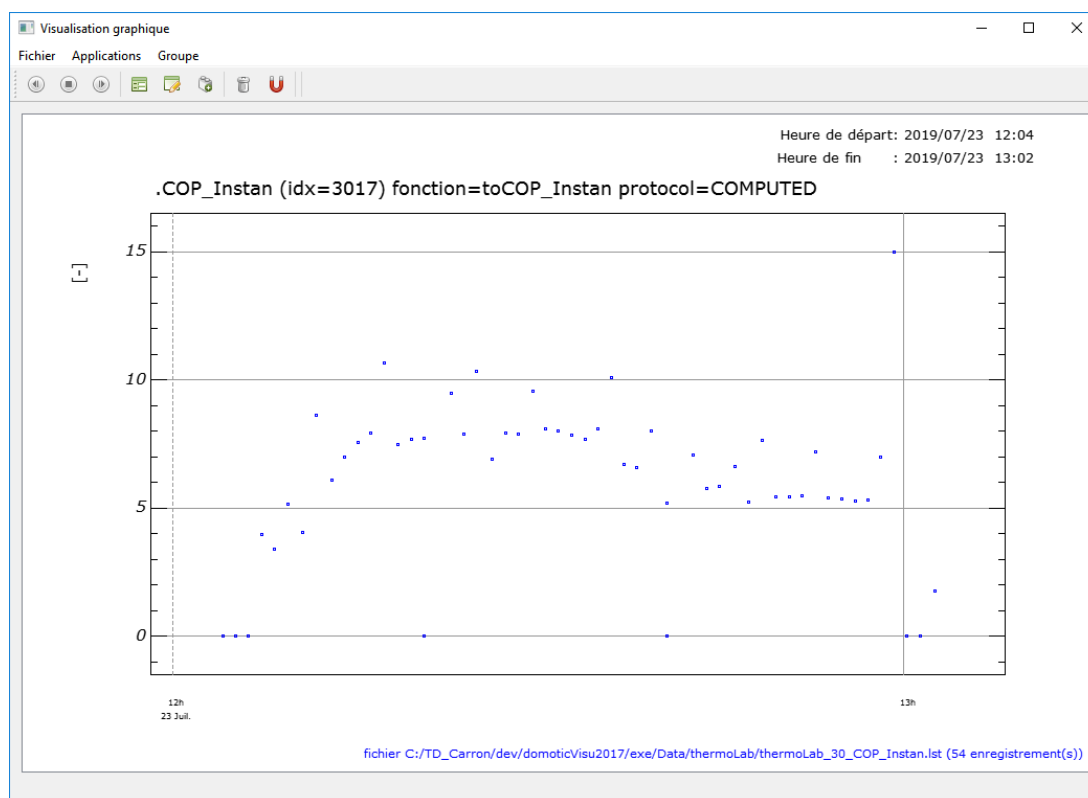
Annexe 38 : Graphe du COP global de l'installation



Annexe 39 : Graphe du COP de Carnot



Annexe 40 : Graphe du numéro de run



Annexe 41 : Graphe du COP instantané

12. *Installation d'un nouveau système d'acquisition*

Lors de l'installation d'un nouveau système de monitoring de Cop sur une installation munie d'une pompe à chaleur, la procédure suivante doit être respectée afin de faciliter le travail.

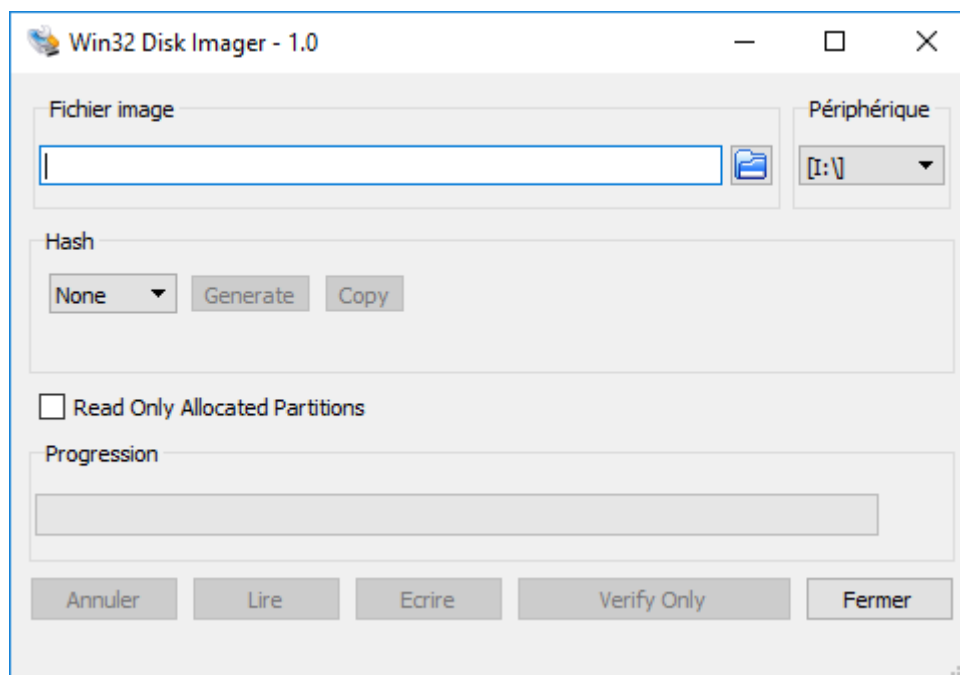
Commande du matériel

Les délais de livraison du matériel peuvent varier en fonction des stocks des fournisseurs. Afin d'éviter les problèmes liés aux fournitures, il est donc judicieux d'anticiper la commande. La liste détaillée du matériel à commander, dont le montant total s'élève à Fr. 630.-, se trouve en annexe (ANNEXE X).

Copier la carte mémoire du Raspberry pi

Une copie de la carte mémoire du Raspberry-pi est annexée à ce projet. Elle contient le système d'exploitation du Raspberry pi.

Le backup de la carte mémoire a été réalisé à l'aide du programme Win32 Disk Imager. Il est donc nécessaire de télécharger ce programme afin de copier les données sur la carte mémoire.



Annexe 42: Programme Win32 (Copie de la carte mémoire du Raspberry pi)

Montage du coffret

1. Percer 4 trous dans le coffret pour y placer les 3 manchons passe-câbles et le presse-étoupe.



Annexe 43 : Manchons passe câbles et presse-étoupe

2. Fixer un rail DIN à l'intérieur du tableau.
3. Poser 3 bornes pour brancher notre câble d'alimentation ainsi que le transformateur 230 V / 5V



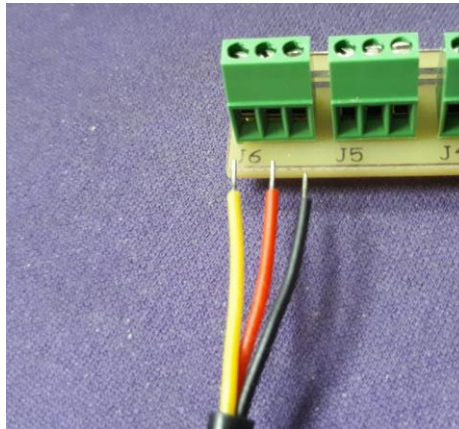
Annexe 44 : Bornes de raccordement et alimentaiton 230V / 5V

4. Câbler le tout et alimenter le Raspberry pi avec le connecteur USB.

Branchement et installations des capteurs pour énergie thermique

Branchement des sondes de températures sur le PCB

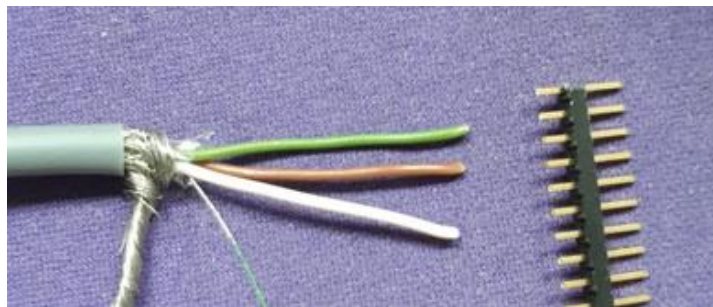
Les fils peuvent être raccordés facilement et sans embouts. L'ordre de branchement n'est pas important. **Attention à ne pas forcer sur les bornes !**



Annexe 45 : Branchement des sondes de température sur le PCB

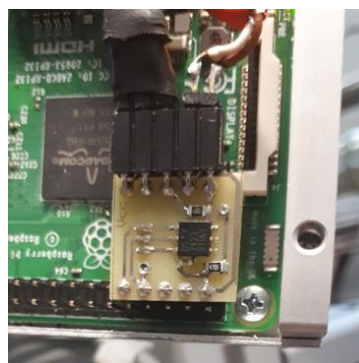
Branchement du câble 1-wire sur le PCB

Pour poser le connecteur sur le câble 1-wire, une soudure doit être réalisée.



Annexe 46 : Branchement du câble 1-wire sur le connecteur

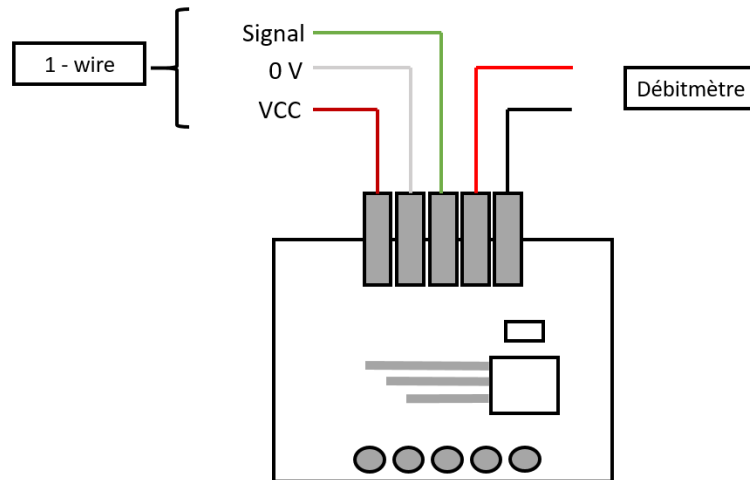
Le connecteur nous permet de nous raccorder sur la carte de transmission du signal au Raspberry pi.



Annexe 47 : Circuit électronique de transmission du signal des capteurs au Raspberry pi

Les trois pins de gauches sont utilisés pour le câble 1-wire. Les deux restants à droite servent à raccorder le débitmètre à impulsion.

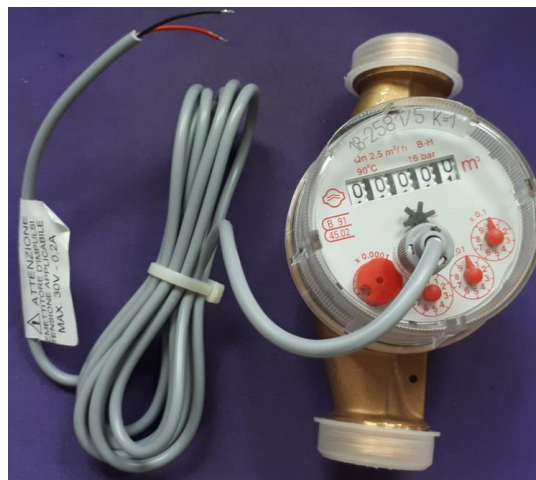
Le branchement des capteurs s'effectue donc de la manière suivante :



Annexe 48 : Schéma de branchement des capteur pour mesurer l'énergie thermique

Branchement du débitmètre à impulsions

Pour brancher le débitmètre à impulsions, un connecteur doit également être soudé de la même manière que le câble 1-wire.

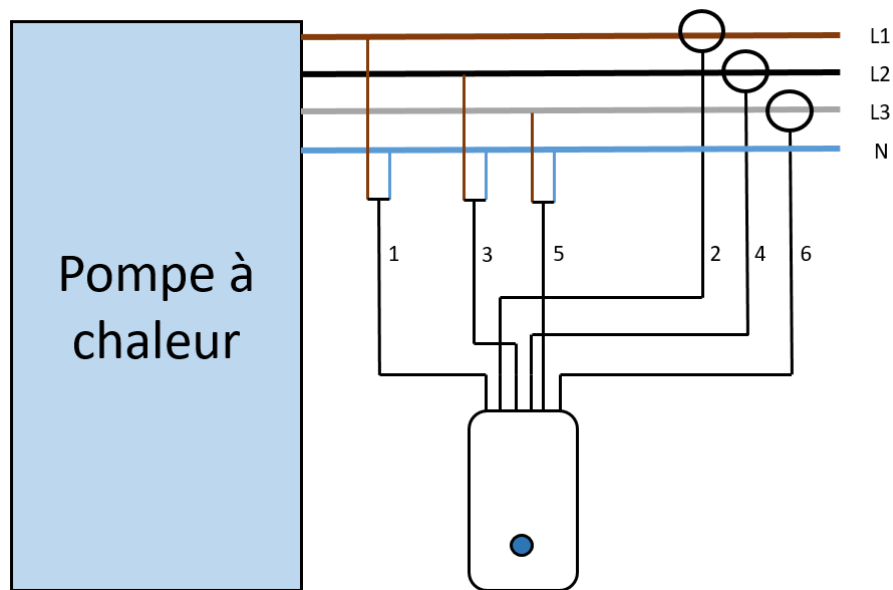


Annexe 49 : Débitmètre à impulsions

Branchement et installations des capteurs pour énergie thermique

Le capteur pour mesurer la puissance électrique est un capteur AEOTEC possédant trois sondes de tension et trois sondes de courant.

Le capteur se présente de la manière suivante :



Annexe 50 : Schéma de branchement du capteur Aeotec (Puissance électrique)

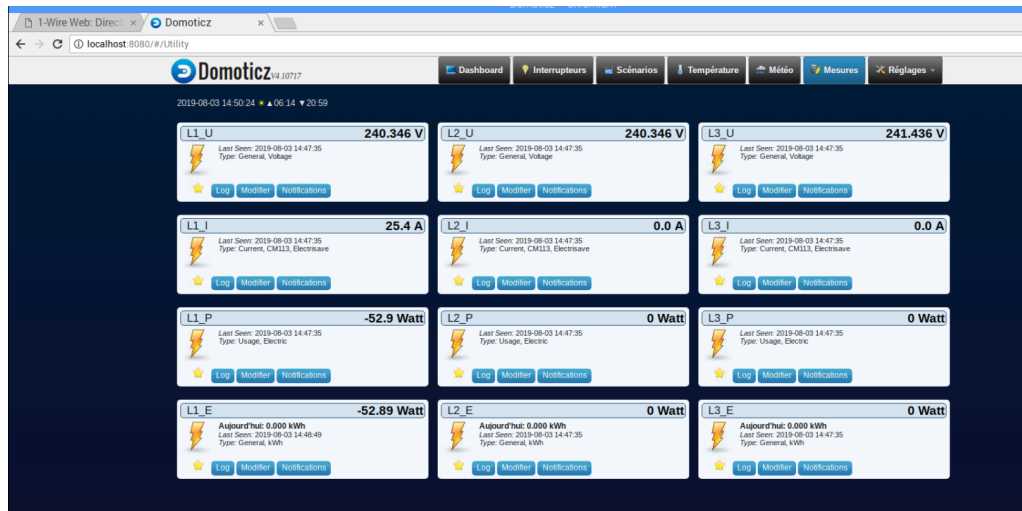
Numérotation :

1. Tension de phase L1
2. Courant de phase L1
3. Tension de phase L2
4. Courant de phase L2
5. Tension de phase L3
6. Courant de phase L3

Le capteur est **autoalimenté**. Il est donc enclenché dès que la pompe à chaleur est sous tension.

Mettre à jour domoticz

Il faut connecter le capteur Aeotec à la clef Z-wave (Voir annexe 4). D'une fois que le capteur est branché correctement, il faut renommer les tensions, le courant, la puissance et l'énergie de la même manière que sur l'image ci-dessous. Si les noms sont différents, la lecture du serveur Z-wave ne pourra pas avoir lieu.



Annexe 51 : Serveur Domoticz (Z-wave)

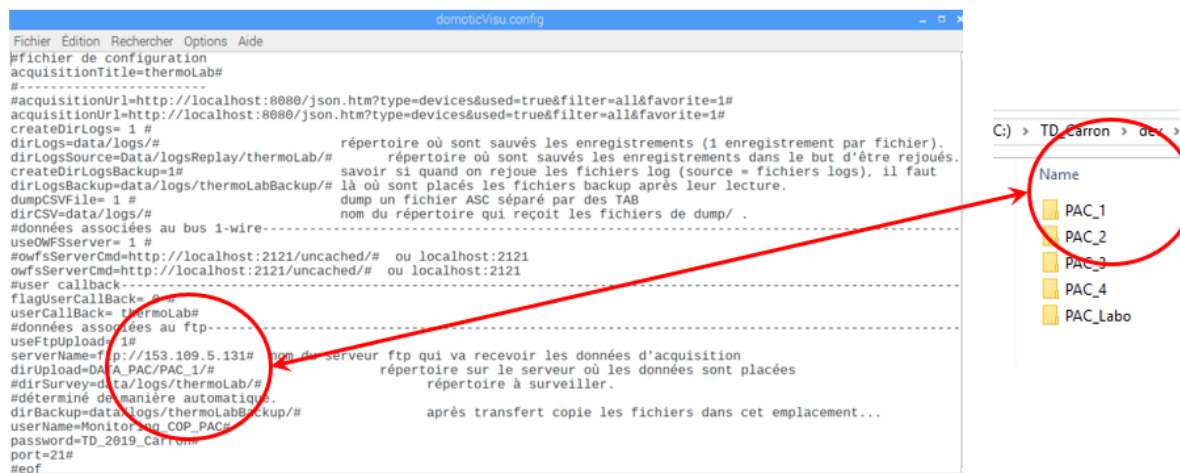
Mettre à jour OWFS (Serveur 1-wire)

D'une fois que tous les capteurs sont branchés, un contrôle des capteurs servant à acquérir la puissance thermique de l'installation doit être fait (serveur 1-wire). Il faut impérativement que tous les capteurs soient lisibles et branchés correctement. Pour ce faire, suivre la marche à suivre présente en annexe 5.

Mettre à jour les fichiers de configurations système

Fichier de configuration du programme

Dans ce fichier, seul le nom du dossier dans lequel sont enregistrées les données après transfert FTP doit être modifié. Celui-ci doit correspondre au nom du dossier de l'installation sur le PC où se trouve le serveur FTP.



Annexe 52 : Mise à jour du fichier de configuration du programme

Fichier de configuration acquisition

Dans ce fichier de configuration, seul les noms des capteurs doivent être changés. Il faut donc regarder le nom des capteurs à l'aide de la commande présentée en **ANNEXE 5**.

```

pi@raspberrypi: /sys/bus/w1/devices
Fichier  Édition  Onglets  Aide
pi@raspberrypi:~$ cd /sys/bus/w1/devices
pi@raspberrypi:/sys/bus/w1/devices$ ls
1d-0000000f92eb  28-021481265aff  28-03172510ebff  w1_bus_master1
28-021480df20ff  28-0216250cd5ee  28-03172513fdff
pi@raspberrypi:/sys/bus/w1/devices$

```

protocol	code=	idx=	name=	dec1=	calibration=	unit
protocol="Z-wave"	code="0E01"	idx=5	name="L1_I"	dec="toCurrent"	calibre=""	unit
protocol="Z-wave"	code="0E02"	idx=9	name="L2_I"	dec="toCurrent"	calibre=""	unit
protocol="Z-wave"	code="0E03"	idx=13	name="L3_I"	dec="toCurrent"	calibre=""	unit
protocol="Z-wave"	code="00000E01"	idx=4	name="L1_U"	dec="toVolt"	calibre=""	unit
protocol="Z-wave"	code="00000E02"	idx=8	name="L2_U"	dec="toVolt"	calibre=""	unit
protocol="Z-wave"	code="00000E03"	idx=12	name="L3_U"	dec="toVolt"	calibre=""	unit
protocol="Z-wave"	code="00000E01"	idx=2	name="L1_E"	dec="toEner"	calibre=""	unit
protocol="Z-wave"	code="00000E02"	idx=6	name="L2_E"	dec="toEner"	calibre=""	unit
protocol="Z-wave"	code="00000E03"	idx=10	name="L3_E"	dec="toEner"	calibre=""	unit
protocol="Z-wave"	code="00000E01"	idx=3	name="L1_P"	dec="toPower"	calibre=""	unit
protocol="Z-wave"	code="00000E02"	idx=7	name="L2_P"	dec="toPower"	calibre=""	unit
protocol="Z-wave"	code="00000E03"	idx=11	name="L3_P"	dec="toPower"	calibre=""	unit
protocol="1-wire"	code="28.EED50C251602"	idx=2000	name="Trasp"	dec="toTempOWFS"	calibre=""	unit
protocol="1-wire"	code="28.FF5A26811402"	idx=2001	name="T11"	dec="toTempOWFS"	calibre="FF5A26811402"	unit
protocol="1-wire"	code="28.FF20DF801402"	idx=2002	name="T12"	dec="toTempOWFS"	calibre="FF20DF801402"	unit
protocol="1-wire"	code="28.FFDD13251703"	idx=2003	name="T21"	dec="toTempOWFS"	calibre="FFDD13251703"	unit
protocol="1-wire"	code="28.FFEB10251703"	idx=2004	name="T22"	dec="toTempOWFS"	calibre="FFEB10251703"	unit
protocol="1-wire"	code="1D.EB920F000000"	idx=2010	name="counter"	dec="toCounterOWFS"	calibre="GWF"	unit

Annexe 53 : Mise à jour du fichier de configuration de l'acquisition