

Projet de pilotage d'une chaudière dans Jeedom

Table des matières

Introduction.....	3
Détail des fonctions de la chaudière à développer.....	5
La mise en veille manuelle et automatique de la chaudière	5
Le contrôle de la pompe de recirculation.....	5
L'automatisation du contrôle de la vanne 4 voies.....	5
Le contrôle du brûleur.....	5
Les capteurs de température : Chaudière, Vanne, Extérieure.....	5
L'activation de la pompe de recirculation.....	6
Le contrôleur de chaudière.....	7
La carte ESP32	7
Les capteurs de température.....	7
La carte relais de puissance.....	8
La motorisation de vanne.....	9
Les fonctions du logiciel	10
Les fonctions dédiées.....	10
Détails de la fonction de contrôle de la vanne 4 voies.....	10
La consigne de température du brûleur.....	13
Les fonctions système.....	14
Ordonnanceur.....	14
EEPROM.....	14
Watchdog.....	14
La domotisation du contrôleur de chaudière dans Jeedom.....	15
La réalisation matérielle.....	17
Conclusion	18



Introduction

L'objectif de ce document est de présenter les différentes solutions mises en œuvre pour optimiser les performances d'une chaudière au fioul, et également équiper cette chaudière d'une interface permettant un contrôle domotisé par Jeedom.

En ce qui concerne mon installation de chauffage habitation, il s'agit d'une chaudière au fioul. Cette chaudière basse température est équipée d'un brûleur au fioul tout ou rien. L'eau chaude produite par la chaudière est accélérée par une pompe Danfos Alpha 2 et est mélangée par une vanne 4 voies avec l'eau de retour de l'installation. La maison est équipée de radiateurs à robinet thermostatiques, et donc il n'y a pas de thermostat d'ambiance. C'est la chaudière qui régule la température de l'eau de départ vers les radiateurs en fonction de la demande. Une vanne différentielle reboucle le circuit si tous les robinets thermostatiques des radiateurs sont fermés. La chaudière ne produit pas l'eau chaude sanitaire.

Bien que cette chaudière n'ait qu'une dizaine d'années, le système de contrôle reste assez simple. Par exemple, elle n'est pas équipée d'origine du système de contrôle par la température extérieure. J'ai bien une vanne mélangeuse 4 voies, mais elle est manuelle. Par ailleurs, le réglage de la consigne de température du brûleur est également manuel, donc autant de réglages que l'on ne fait plus au bout d'un moment par oubli ou par paresse. On règle tout par défaut et on touche aux réglages quand on a trop chaud ou trop froid.

Ce que je souhaitais, c'est qu'un système automatique s'occupe de ces réglages, que je puisse contrôler le fonctionnement sur une sorte de tableau de bord, et que j'ai un contrôle à distance du dispositif.

Pour détailler un peu, il s'agit d'ajouter à l'appareil existant les fonctions suivantes :

1. La mise en veille manuelle et automatique de la chaudière .
2. Le contrôle de la pompe de recirculation.
3. L'automatisation du contrôle de la vanne 4 voies.
4. Le contrôle du brûleur.
5. L'ajout de plusieurs capteurs de température : Chaudière, Vanne, Extérieure.
6. L'activation régulière de la pompe de recirculation lorsque la chaudière est en veille.

En ce qui concerne l'interface de contrôle domotique, il s'agit des données et contrôles suivants :

1. Mesure de température de la chaudière
2. Mesure de température vanne
3. Mesure de la température extérieure
4. Consigne de température chaudière
5. Consigne de température vanne
6. État de la pompe de recirculation

7. Action sur la vanne 4 voies (correction en plus ou en moins)
8. Mise en veille manuelle
9. Mise en veille automatique (en fonction de la température extérieure)
10. Réglage des paramètres de régulation

Détail des fonctions de la chaudière à développer

La mise en veille manuelle et automatique de la chaudière .

Cette fonction permet de mettre la chaudière en veille en coupant l'alimentation de la pompe et en interrompant la mise en marche du brûleur. Deux modes sont disponibles, le mode automatique qui se base sur la mesure de température extérieure et le mode manuel qui permet à l'utilisateur de mettre la chaudière en veille. Pour être plus précis, il ne s'agit pas de piloter directement le brûleur par cette commande, mais seulement d'autoriser la chaudière à produire de l'eau chaude à la bonne température. La régulation de température reste une fonction locale de la chaudière.

Le contrôle de la pompe de recirculation.

Il s'agit de couper la pompe de recirculation lorsque la chaudière est en veille. Un simple relais piloté fera l'affaire. J'aurais aimé pouvoir contrôler plus finement la pompe (Danfoss Alpha2) mais les différents modes de cette pompe ne sont pas pilotables.

L'automatisation du contrôle de la vanne 4 voies.

Cette fonction permet de gérer automatiquement la vanne 4 voies en fonction de la température extérieure. Le système est composé des éléments suivants ;

- Une motorisation sur la vanne 4 voies existante
- Une mesure de température sur le départ d'eau chaude vers les radiateurs pour permettre un asservissement de la vanne.
- Une mesure de la température extérieure.
- Deux relais permettant le contrôle du moteur de la vanne

Le réglage de la vanne est réalisé en appliquant la loi d'eau qui permet de calculer une consigne de température d'eau vers les radiateurs en fonction de la température extérieure. Pour faire simple, plus il fait froid dehors plus la température de l'eau circulant dans les radiateurs est chaude. Le capteur de température sur le départ d'eau vers les radiateurs permet d'asservir la position de la vanne pour obtenir la température souhaitée.

Le contrôle du brûleur.

Il s'agit de démarrer le brûleur à la demande en fonction de la consigne et de la température mesurée sur le corps de chauffe de la chaudière. Le brûleur qui équipe cette chaudière est du type tout ou rien. Un relais simple est utilisé pour piloter le brûleur.

Sécurité brûleur : La carte contrôleur de la chaudière a été conservée d'origine car elle comporte le système de sécurité en cas de surchauffe, et supporte également l'affichage de la température ainsi que différentes protections.

Les capteurs de température : Chaudière, Vanne, Extérieure.

Comme indiqué précédemment, différents capteurs de température sont nécessaires. Il s'agit de capteurs type DS18B20 dans sa version avec capuchon inox. Plusieurs capteurs peuvent être branchés sur un bus type « one wire ». Afin de garantir un fonctionnement sûr de la chaudière , un autotest des capteur est réalisé en continu. Si le résultat de cet autotest n'est pas satisfaisant, le

système met la chaudière en sécurité et une alerte est envoyée vers l'utilisateur.

Remarque : J'avais un doute sur la fiabilité de la sonde de température DS18B20 qui mesure la température de la chaudière car cette sonde est en permanence exposée à une température comprise entre 40 et 90 degrés, d'où le diagnostic mis en place.

L'activation de la pompe de recirculation.

Cette fonction évite le grippage de la pompe lorsque celle-ci n'est pas alimentée pendant une longue période. Quand la chaudière est en veille l'été par exemple, la pompe est régulièrement alimentée pour éviter le grippage du rotor. Cette fonction active la pompe une minute par semaine. La pompe Danfos que j'ai actuellement ne semble pas trop sensible à un arrêt prolongé, mais ce n'était pas le cas de la précédente pompe que j'ai dû plusieurs fois débloquer à la main en début de saison de chauffage.

Le contrôleur de chaudière

Afin d'ajouter les fonctions précédemment décrites, un calculateur électronique est nécessaire pour réaliser les différentes mesures, calculer et traiter les données et enfin activer les actionneurs. Pour mon projet, j'ai choisi d'utiliser une carte ESP32 du commerce. Cette carte est très répandue et permet au moyen d'une bibliothèque de fonctions très étoffée d'intégrer facilement toute une panoplie de capteurs et d'actionneurs. Ce calculateur propose également un environnement de développement Arduino IDE très pratique qui permet de développer, de compiler et de télécharger le code sur la carte contrôleur.

La carte ESP32



Cette carte assez puissante est équipée d'un calculateur double cœur 32bits, d'une interface wifi et bluetooth, ainsi que diverses interfaces analogiques, digitales et de communication type I2C, UART, etc... Cette carte est alimentée en 5V ou plus et possède un régulateur 3,3V pour son fonctionnement interne.

Les capteurs de température

Mon choix s'est orienté vers le capteur de température type DS18B20. Plusieurs capteurs peuvent être connectés en bus One Wire. Chaque capteur possède une adresse unique qui permet de le distinguer des autres sur un même bus.



Dans ce projet, j'utilise 3 capteurs de ce type. Pour connecter ces 3 capteur à la carte ESP32, j'utilise un carte de prototypage qui permet de raccorder les capteurs et également de recevoir la carte contrôleur.

La carte relais de puissance



Cette carte relais est contrôlée par l'interface GPIO de l'ESP32 et fournit 4 relais repos/travail en 240V. J'utilise ces relais de la façon suivante :

- 1 relais pour le brûleur de la chaudière (marche/arrêt)
- 1 relais pour la pompe de recirculation (marche/arrêt)
- 2 relais pour le moteur de vanne 4 voies (marche/arrêt et inverseur)

Ces relais n'ont pas une grosse capacité en courant, néanmoins le projet ne nécessite pas un pouvoir de coupure supérieur à 2 A. Pour information, ces relais sont indiqués pour un courant maximum de 10A en 250V, mais je pense qu'il ne vaut mieux pas essayer sous peine de grandement raccourcir la durée de vie des relais. Il y a un risque également au niveau des piste en cuivre du circuit imprimé qui ne semble pas dimensionné pour faire passer un courant important.

La motorisation de vanne



Pour actionner la vanne 4 voies de mon installation, j'utilise un moteur bidirectionnel qui fonctionne en 240V. Ce moteur comporte des butées de fin de course qui limite la manœuvre de la vanne à $\frac{1}{4}$ de tour. Il se fixe sur l'axe de la vanne par un adaptateur. Le temps d'activation de butée en butée est de 90 sec. Il n'y a pas de retour d'information sur la position de la vanne, il faudra donc que je pilote la position du moteur par une autre méthode.

Les fonctions du logiciel

Les fonctions dédiées

C'est la fonction principale du calculateur. Cette fonction réalise les opérations suivantes ;

- Calcule de la température de consigne en sortie de vanne 4 voies (Loi d'eau)
- Calcule de la température de consigne du brûleur
- Mesures des 3 températures des capteurs (chaudière, vanne, extérieure) et diagnostic des capteurs.
- Asservissement de la vanne 4 voies sur la température d'eau des radiateurs
- Gestion du brûleur. Marche/arrêt du brûleur en fonction de la consigne
- Gestion de la pompe. Marche/arrêt de la pompe et fonction anti-grippage

Détails de la fonction de contrôle de la vanne 4 voies

Cette fonction est basée sur la mesure de température en sortie de la vanne. Périodiquement, la moyenne de la température est comparée à la consigne (loi d'eau). En fonction du résultat de cette comparaison, le calculateur active via la carte relais la motorisation pour ouvrir ou fermer la vanne. Cette correction est appliquée pendant une durée de 10 secondes, ce qui correspond à une variation d'environ 10% de la course complète de la vanne. La motorisation de la vanne comporte des butées de fin de course qui empêchent un forçage éventuel du moteur en fin de course.

Les paramètres de calcul de cette équation sont :

- La température extérieure mesurée
- La température intérieure cible (valeur constante définie par l'utilisateur)
- Le paramètre Pente de la loi d'eau
- Le paramètre Parallèle de la loi d'eau

Cette «loi d'eau» sert à calculer la température de l'eau qui alimente les radiateurs en fonctions des paramètres ci-dessus. Les paramètres «Pente» et «Parallèle» dépendent de l'isolation thermique du logement. La valeur calculée par cette Loi d'eau donne une consigne de température que je régule par la vanne 4 voies via sa motorisation. Je ne cherche pas à asservir la température d'une façon instantanée mais sur une période d'environ 1 heure, ce qui permet d'intégrer plusieurs cycles de chauffe et de mieux stabiliser la température de l'eau des radiateurs, compte tenu de la variation assez importante de la température d'eau produite en entrée de la vanne par la chaudière, principalement à cause du mode tout ou rien de pilotage du brûleur et également à cause de l'inertie de la chaudière qui ne permet pas un contrôle très précis de la consigne.

Pour information, je donne ci-dessous la formule de la «Loi d'eau» que j'utilise pour le calcul de la consigne de température de départ vers les radiateurs :

$$T_{\text{Radia}} = (T_{\text{cible}} - T_{\text{TempExt}}) * \text{Pente} + \text{Parallele}$$

Exemple :

$$T_{\text{cible}} = 21^{\circ}\text{c}$$

$$T_{\text{TempExt}} = -5^{\circ}\text{c}$$

$$\text{Pente} = 1,4$$

$$\text{Parallele} = 24$$

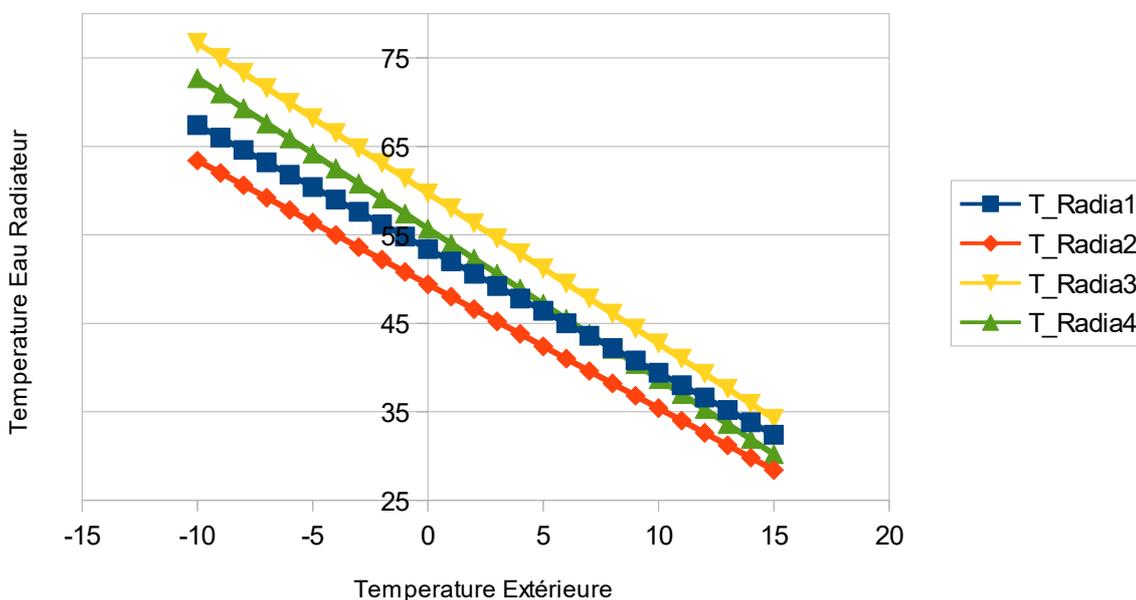
$$T_{\text{Rad}} = ((21 - (-5)) * 1,4) + 24 = 60,4^{\circ}\text{c}$$

A noter qu'il faudra plusieurs tentatives pour ajuster correctement les paramètres « Pente » et « Parallele » à votre installation afin d'obtenir le confort souhaité.

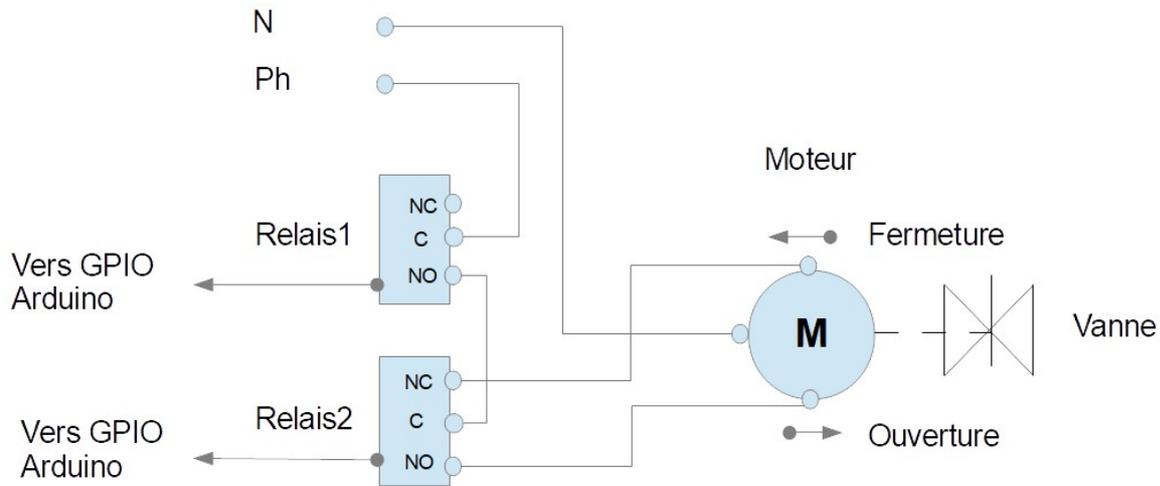
Ci-dessous un graphique qui montre l'effet des paramètres « Parallèle » et « Pente » sur le calcul de la température de l'eau des radiateurs en fonction de la température extérieure. On agit sur ces deux paramètres pour compenser la température des radiateurs en fonction de la température extérieure. Quand on joue sur la pente, on fait pivoter la droite (droites ci-dessous en vert et en bleu) et quand on joue sur la parallèle on décale l'ensemble vers le haut ou vers le bas (droites ci-dessous en jaune et en rouge).

	T_Radia1	T_Radia2	T_Radia3	T_Radia4
Pente	1,4	1,4	1,7	1,7
Parallele	24	20	24	20

Loi d'eau



Synoptique de contrôle de la vanne 4 voies



Sur ce synoptique, on voit que le relais 1 est utilisé pour couper l'alimentation du moteur, tandis que le relais 2 permet de commander le sens de rotation du moteur et donc de la vanne, soit en ouverture soit en fermeture. Avec ce câblage, il est impossible de donner un ordre contradictoire au moteur.

La consigne de température du brûleur

En ce qui concerne le pilotage du brûleur en tout ou rien, j'ai fixé cette consigne d'une façon empirique à 7 degrés au dessus de la consigne départ vanne (Loi d'eau). Cette valeur peut paraître faible, mais l'inertie de la chaudière fait que la température atteinte après la coupure du brûleur dépasse largement la consigne (environ 20°C).

Les fonctions système

Ordonnanceur

Pour apporter plus de souplesse à l'exécution des différentes tâches réalisées par le calculateur, j'ai mis en œuvre un ordonnanceur cyclo-statique. Cet ordonnanceur permet d'activer des tâches d'une façon périodique. Trois tâches sont déclarées :

- La gestion de publication/souscription MQTT
- Le calcul des consignes implémentant la Loi d'eau
- L'activation périodique de la pompe

EEPROM

Afin de pouvoir sauvegarder le mode Marche/Veille de la chaudière en cas de coupure de courant, celui-ci est stocké dans la mémoire EEPROM de la carte ESP32.

Watchdog

Pour de se prémunir contre un plantage du calculateur qui pourrait provoquer une surchauffe de la chaudière et sa mise en sécurité, un « watchdog » est piloté dans la tâche principale de calcul des consignes. Ce watchdog permet un redémarrage automatique du calculateur en cas de plantage.

La domotisation du contrôleur de chaudière dans Jeedom

Afin de piloter à distance la chaudière via Jeedom, j'utilise les bibliothèques wifi et client MQTT de l'ESP. Cette communication nécessite la mise en place d'un serveur MQTT. Comme je dispose déjà d'un serveur NAS sur un Raspberry PI4, que j'utilise en outre pour les sauvegardes Jeedom, j'ai également installé sur ce RPI4 le code Mosquitto du serveur MQTT.

La mise en œuvre de l'ensemble est finalement assez simple et les tests sont faciles à réaliser en installant un client MQTT sur un PC, une tablette ou un téléphone. La réactivité de la communication MQTT est bonne et permet de gérer les données en temps réel.

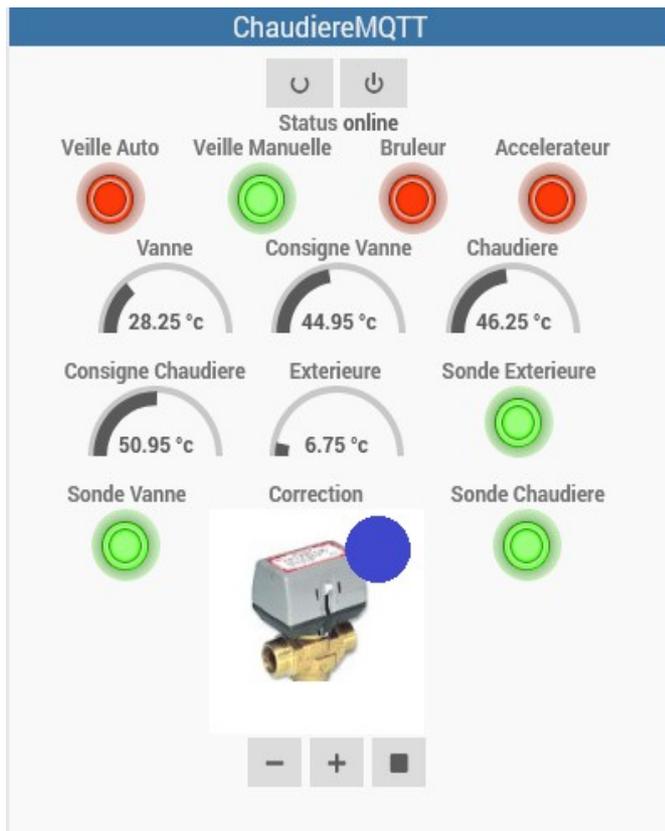
Au départ du projet, je pensais mettre en place une interface utilisateur (affichage et saisie) directement sur la carte ESP32, mais finalement vu la réactivité de la communication MQTT, j'ai opté pour une interface utilisateur déportée dans Jeedom. C'est le panneau de contrôle Jeedom qui me permet le paramétrage du contrôleur de chaudière. Cela permet de simplifier beaucoup le montage matériel au niveau du contrôleur et augmente ainsi la fiabilité.

Les informations qui transitent par MQTT sont les suivantes :

1. Mise en veille
2. Mise hors veille
3. Lecture la température de la chaudière
4. Lecture la température de départ vanne
5. Lecture la température extérieure
6. Lecture la température de consigne de la chaudière
7. Lecture la température de consigne de départ vanne
8. Lecture l'état de veille
9. Lecture la dernière action sur la vanne (ouverture, fermeture ou neutre)
10. Lecture l'état du diagnostic des sondes de température
11. Paramétrage « Loi d'eau »
12. Contrôle à distance de la vanne 4 voies (ouverture, fermeture, arrêt) pour la maintenance

Pour l'intégration des informations dans Jeedom, j'utilise le plugin JMQTT. Il est très simple à mettre en œuvre. Pour simplifier l'interface utilisateur et n'exposer que les informations et commandes pertinentes, j'utilise un plugin Virtuel qui ne reprend qu'un nombre réduit d'informations et de commandes comme la mise en veille de la chaudière ou la température d'eau. Cette interface agrège également des informations comme la température ambiante du salon et la température de consigne du pseudo thermostat.

Ci-dessous une copie d'écran du plugin JMQTT de la chaudière qui n'est normalement pas visible.



Ci-dessous une copie d'écran de l'interface simplifiée par le plugin Virtuel :



La réalisation matérielle

Comme indiqué auparavant dans ce document , la réalisation matérielle du contrôleur de chaudière est basée sur une carte ESP32

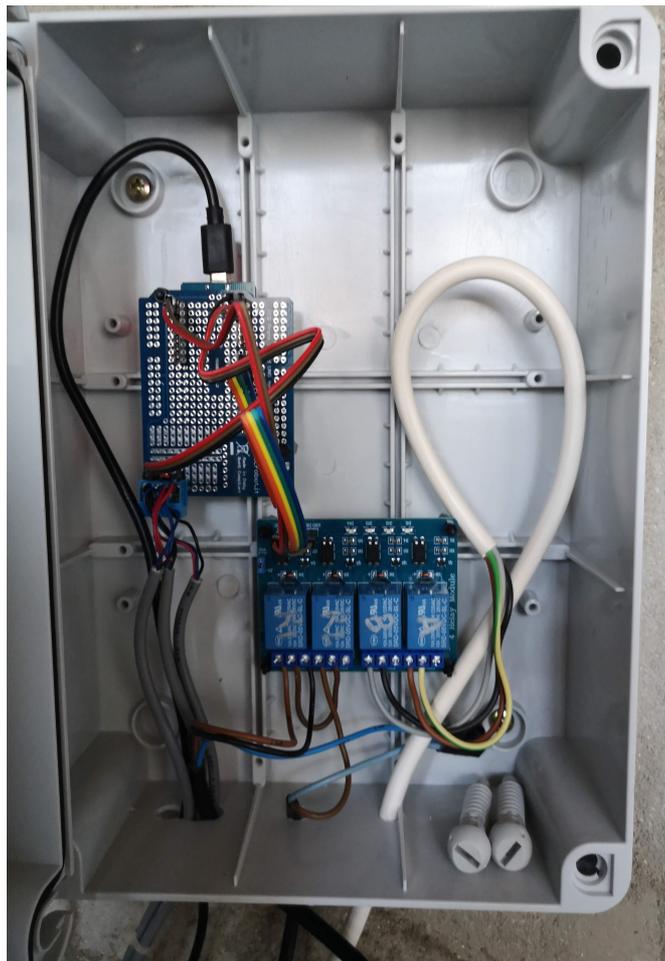
Ci-dessous une photo de la réalisation matérielle.

En haut à gauche, on retrouve la carte de prototype qui reçoit la carte ESP32 qui est en dessous.

C'est la carte ESP32 qui reçoit l'alimentation 5V de l'ensemble par son port USB. J'utilise une alimentation du commerce de 3A. La carte ESP32 possède un régulateur 3,3V à partir du 5V. Pour information, j'avais le choix d'alimenter la carte relais en 5V ou en 3,3V. J'ai préféré une alimentation 5V car en 3,3v le courant d'activation des relais passe par le régulateur de la carte ESP32 et je ne suis certain que celui-ci supporte cette charge.

J'utilise une carte de prototypage pour supporter la carte ESP32 qui n'a pas de trous de fixation, et également pour câbler les 3 sondes DS18B20 qui nécessitent une alimentation 3,3V et une résistance de « pull-up » de 4,7kOhms.

A noter qu'il ne semble pas y avoir d'interférence entre la partie AC et le calculateur, néanmoins si ça avait été le cas, on peut augmenter le découplage entre les deux en utilisant une alimentation 5V séparée pour alimenter la carte relais en courant continu. Cette configuration est prévue sur la carte relais.



Conclusion

En conclusion, je suis très satisfait du résultat. Le nouveau contrôleur de la chaudière fonctionne très bien et m'apporte un automatisme complet ainsi qu'un contrôle à distance qui ouvre pas mal de possibilités en interaction avec Jeedom.

Grâce aux sondes DS18B20 la mesure de température est simple à mettre en œuvre et d'une bonne précision. J'avais quelques doutes sur la fiabilité de ces sondes, notamment concernant la sonde qui mesure la température de la chaudière car celle-ci est parfois exposée à une température allant jusqu'à 90°C, mais ça fait 3 ans que ces sondes sont en place et je n'ai eu aucun problème. J'ai quand même mis en place un auto-diagnostic des sondes qui coupe la chaudière immédiatement au cas où.

En ce qui concerne le calculateur ESP32, il est vraiment compact et puissant. Au départ je pensais séparer la partie contrôleur de la partie communication wifi/MQTT, car je ne pensais pas que je pouvais faire tourner tout ça sur un seul calculateur. J'ai quand même fait quelques tests qui m'ont convaincus du contraire. Cette intégration apporte beaucoup de simplicité au montage.

En ce qui concerne le développement du logiciel sur l'IDE Arduino, je maîtrisais déjà un peu l'environnement, ce qui m'a permis de ne pas être confronté à toutes les difficultés en même temps.

Un autre point que tiens à préciser, je n'étais pas forcément convaincu de l'intérêt de MQTT à cause de son architecture client/serveur que je trouvais un peu trop complexe à mon goût. Par curiosité, j'ai quand même essayé d'intégrer cette solution dans mon projet, quitte à revenir en arrière si le résultat ne me plaisait pas. En fait je me suis aperçu que si cette solution nécessite la mise en place d'un serveur, la mise en œuvre dans Jeedom est très simple.

En résumé, la gestion de ma chaudière dans Jeedom permet:

- Une surveillance de la chaudière.
- Un contrôle automatique des modes Marche/Veille.
- Un contrôle à distance de la chaudière.
- Un pilotage automatique de mes deux sources de chauffage (chaudière et poêle à granulés), soit en concurrence, soit en mode mixte. Ces 3 modes (chaudière, poêle ou mixte) sont gérés par le plugin Mode de Jeedom. J'utilise également un capteur de température dans la véranda qui met en veille les chauffages si l'apport naturel de chaleur est suffisant.
- Le contrôle à distance de la chaudière m'a permis d'implémenter un mode « pseudo thermostat » à partir des capteurs de température répartis dans la maison. Ce mode me permet de sélectionner une allure ECO du chauffage quand la maison est vide. Pour information, la régulation du chauffage est réalisée par des robinets thermostatiques sans thermostat d'ambiance. J'appelle ça pseudo thermostat car Jeedom ne contrôle pas directement le brûleur de la chaudière mais uniquement les modes Marche/Veille.

Je dois admettre également que les courbes d'historiques de Jeedom facilitent la compréhension du fonctionnement de l'ensemble du chauffage, ce qui permet d'optimiser un peu plus l'installation. Par exemple, j'ai pu visualiser les cycles de fonctionnement de la chaudière et ainsi optimiser la durée de calcul de la température moyenne de départ vers les radiateurs pour une meilleure stabilité du système.

Avec ce système, la chaudière fonctionne d'une façon autonome, sans aucune intervention de ma part. En ce qui concerne le contrôleur de chaudière, je suis très satisfait de son fonctionnement. Je ne connais pas encore la fiabilité de l'ensemble, toutefois si une panne se produisait, elle serait

facile à dépanner car le système n'est composé que d'éléments du commerce et je pourrais le faire moi même. J'ai quand même pris la précaution de conserver une pièce de chaque composant en stock au cas où.