



Rapport Intermédiaire - PFE

REGULATION THERMIQUE DES SALLES DE POLYTECH

Florian Royer & Zohour Assaieb | 16 décembre 2014 | Tuteur école :
M. Belkacem Ould Bouamama

Sommaire

Sommaire	1
Introduction	3
I) Etude de l'existant et cahier des charges.....	4
A) Dimensionnement du radiateur de test	4
B) Les échanges de chaleur.....	5
C) Norme de température utilisée.....	6
D) Cahier des charges.....	7
II) Travail effectué	8
A) Modélisation du Système	8
i) Schématisation 'électronique'	8
ii) Bond Graph et schéma bloc.....	9
iii) Modélisation du radiateur.....	10
iv) Modélisation de l'échange radiateur - salle.....	10
B) Commandé Vs. Non-Commandé.....	11
III) Solution Commerciale.....	13
A) Synoptique du système	13
B) Différentes solutions envisagées.....	13
i) Raspberry Pi + dongle EnOcean	14
ii) API + interface EnOcean	14
iii) Protocole Radio (problème de pile et de relai)	14
iv) Comparatif.....	14
C) Les propositions et comparaison des devis.....	15
IV) Matériel utilisé.....	16
A) Programmation CoDeSys.....	16

B) Récupération des capteurs – Echanges avec Matlab	17
i. <i>La technologie EnOcean</i>	17
ii. <i>Émetteurs / Capteurs</i>	18
i. <i>Récepteur</i>	20
i. <i>Echanges avec Matlab</i>	20
V) Ce qu'il reste à faire... ..	21
Conclusion.....	21
Annexes	22
Premier document :.....	22
Les Devis :.....	23

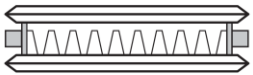
Introduction

Dans un souci de confort et d'économie d'énergie, l'école souhaite mettre en place une régulation thermique de ses salles. Dans un premier temps, l'école se limite à un banc d'essai dans une salle afin de comparer théorie et pratique. Ce rapport intermédiaire a pour but de démontrer le travail effectué, et de préciser le travail qui reste à effectuer. Ainsi, on commencera par montrer notre étude de l'existant, le cahier des charges que nous avons établi. Ensuite, on précisera le travail technique et les démarches commerciales que nous avons entrepris. Puis nous indiquerons le travail qu'il reste à effectuer.

I) Etude de l'existant et cahier des charges

A) DIMENSIONNEMENT DU RADIATEUR DE TEST

A l'heure actuelle, les salles de Polytech sont composées de radiateurs à eau chaudes réglés par vanne thermostatique. Ce type de vanne permet de fixer une température avec une très faible précision. Dans le cadre de notre projet et pour pouvoir ensuite modéliser un radiateur, nous avons fixé le type de radiateur suivant :

Matériaux	Illustration	Dimensions	Puissance P ₅₀ (W/m ²)	Pente d'émission
Panneaux en acier horizontaux		<ul style="list-style-type: none">- Hauteur de 0.7m- Longueur de 2m- Profondeur de 10 cm	2 220	1.33

La vanne thermostatique utilisée dans la plupart des salles permet de choisir un mode de confort entre 0 et 6, mais ne permet en aucun cas le contrôle de la température. Après le mode de confort choisi, la vanne utilise le principe naturel de la dilatation de la matière à l'état gaz (1 : bulle de gaz) pour ensuite décompresser/compresser le ressort (4) qui lui réglera le débit avec le piston (5).

Ce type de vanne provoque une très grande incertitude ($\sim 3^{\circ}\text{C}$) sur la température du radiateur car le débit dépendra de la température et de la pression.

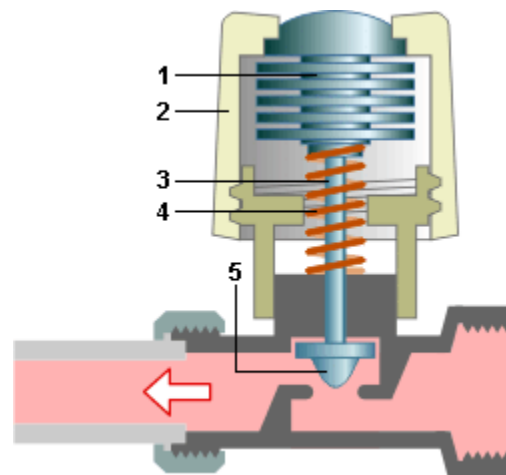


Figure 1 : illustration d'une vanne thermostatique

Le réseau de radiateur est de type parallèle bitube. L'eau chaude arrive de la chaudière, et l'eau de sortie du radiateur retourne directement à la chaudière.

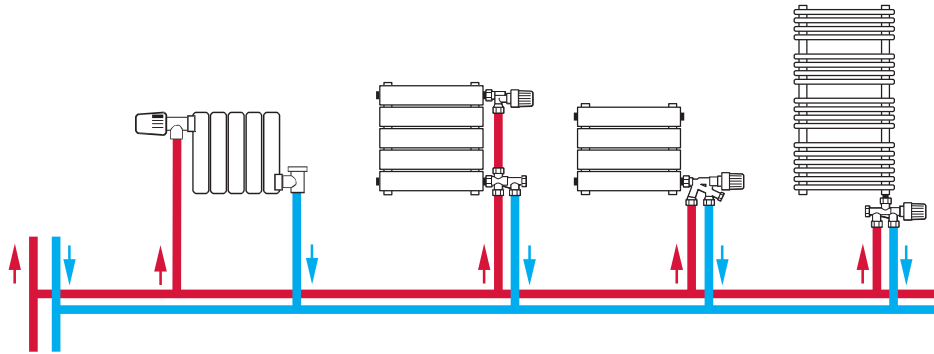


Figure 2 : Schéma simplifié d'une installation bitube

Il existe d'autres réseaux qui ne sont pas considérés dans le cadre de notre projet puisqu'ils ne représentent pas le réseau hydraulique de Polytech.

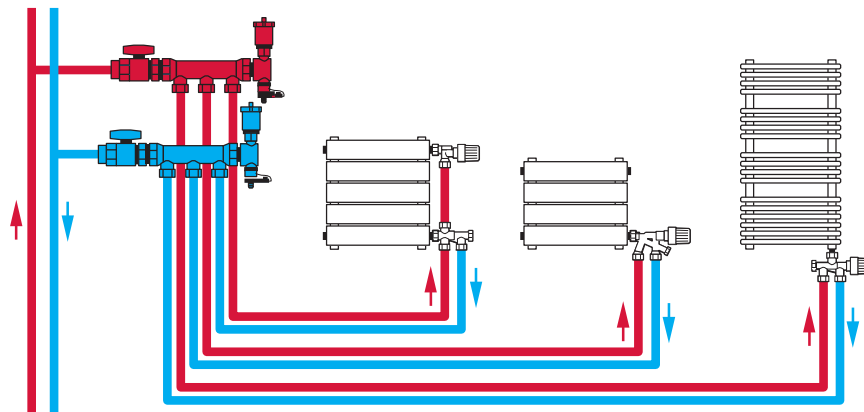


Figure 3 : Schéma simplifié d'une installation hydro câblée

B) LES ECHANGES DE CHALEUR

Afin de pouvoir faire une modélisation correcte du radiateur de test, il est aussi important de définir les échanges thermiques mis en jeu. L'échange de chaleur se fait principalement par :

- Convection : transfert de chaleur par la matière, d'atome vers atome. Ce transfert implique un déplacement de la matière. La valeur de la puissance émise par convection dépend principalement de la hauteur de la pièce et de la hauteur à laquelle est placé le radiateur, ainsi que la surface du radiateur.

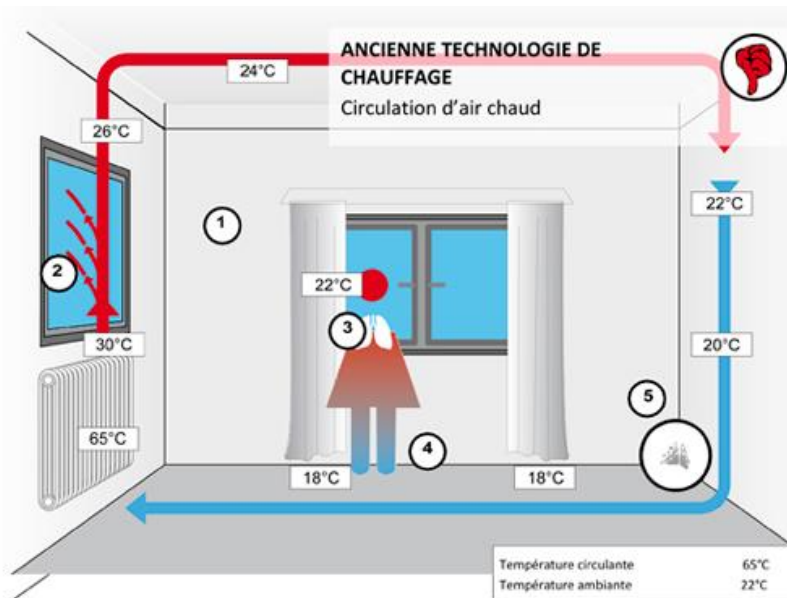


Figure 4 : Illustration de la convection

- Rayonnement : une partie du transfert se fait aussi par rayonnement électromagnétique. Quelle que soit sa température, un corps émet un rayonnement thermique, celui-ci est plus ou moins intense selon la température du corps. La longueur d'onde à laquelle est émise ce rayonnement dépend aussi de cette température.
- Conduction : ce phénomène est très peu mis en jeu lors de l'échange radiateur vers salle car l'air est très peu conducteur thermique. Par contre, c'est le phénomène thermique qui est le plus mis en jeu lors du passage de l'eau chaude dans le radiateur.

C) NORME DE TEMPERATURE UTILISEE

Il existe plusieurs normes concernant la température de chute dans un radiateur. Celle-ci correspond à la moyenne entre température d'entrée et température, en retirant la température ambiante normalisée de 20°C.

- Avant 1997, NF P52011 : $\Delta T = \frac{(90 + 70)}{2} - 20 = 60^\circ\text{C}$ (Norme Française)
- Après 1997, EN 442 : $\Delta T = \frac{(75 + 65)}{2} - 20 = 50^\circ\text{C}$ (Norme Européenne)

Dans le cadre du projet, on considère la Norme Française d'avant 1997, car Polytech dépend de la chaudière de l'université qui date d'avant 1997.

D) CAHIER DES CHARGES

Réaliser un système intelligent capable de réguler le flux thermique d'un radiateur d'une salle à Polytech Lille, afin de maintenir la température de cette dernière à valeur constante, en prenant compte certains paramètres parmi lesquels:

- planning des salles ;
- données météo ou température extérieure.

Ainsi que les situations:

- fenêtre ouverte ;
- utilisation imprévue de salle.

Les objectifs primaires à remplir sont :

- Etude du système actuel avec le service technique de l'école, obtenir les informations de réseau et du typage de radiateur ainsi que les normes utilisées ;
- Modéliser l'ensemble Arrivée d'eau chaude – Radiateur – Isolation – Salle afin de justifier l'intérêt du projet ;
- Proposer plusieurs solutions de contrôle thermique et démarcher auprès des fournisseurs ;
- Déduire la solution la plus adéquate au projet et établir du bon de commande.
- Etude d'une solution permettant la réservation des salles afin de chauffer uniquement celles utilisées.
- Intégrer une supervision au système finale afin de rendre le système plus fiable et robuste -> Sûreté de fonctionnement.

Les objectifs secondaires :

- Programmer une visualisation / IHM en temps réel des différents éléments du système afin de comparer la théorie de la pratique ;
- Communication entre le système et l'extérieur afin de gérer des événements non pris en compte ;

II) Travail effectué

Le délai de commande était à considérer dans notre gestion de projet. Nous avons commencé par modéliser l'ensemble Vanne, salle, radiateur....

A) MODELISATION DU SYSTEME

i) Schématisation 'électronique'

Afin de mieux comprendre les pertes et capacités mis en jeu, et du peu de connaissances en Thermodynamique et mécanique des fluides, nous avons débuté par un schéma électrique.

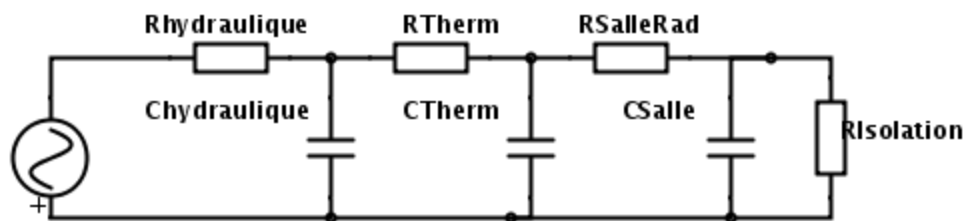


Figure 5 : Représentation électrique du système

La Source de tension correspond au flux d'enthalpie fourni à une température donnée et un débit d'eau chaude fixé. Voici les différents éléments du schéma :

- $H_{\text{hydraulique}}$: Résistance à l'entrée du radiateur provoquant une faible perte de pression
- $H_{\text{hydraulique}}$: correspond à la capacité hydraulique du radiateur
- $T_{\text{thermique}}$: Lors de l'échange entre l'eau et le radiateur par conduction, il y a une perte thermique
- $T_{\text{thermique}}$: Capacité du radiateur à stocker une température
- $R_{\text{Salle/radiateur}}$: pertes thermique dues aux matériaux du radiateur, de sa longueur d'onde de rayonnement, et des pertes lors de l'échange par convection
- C_{salle} : Correspond au produit de la capacité thermique de l'air avec le volume de la salle.

ii) Bond Graph et schéma bloc

Le bond graph est un outil plus adéquat pour représenter le système car différentes forme d'énergies sont en jeu (hydraulique, thermique, mécanique).

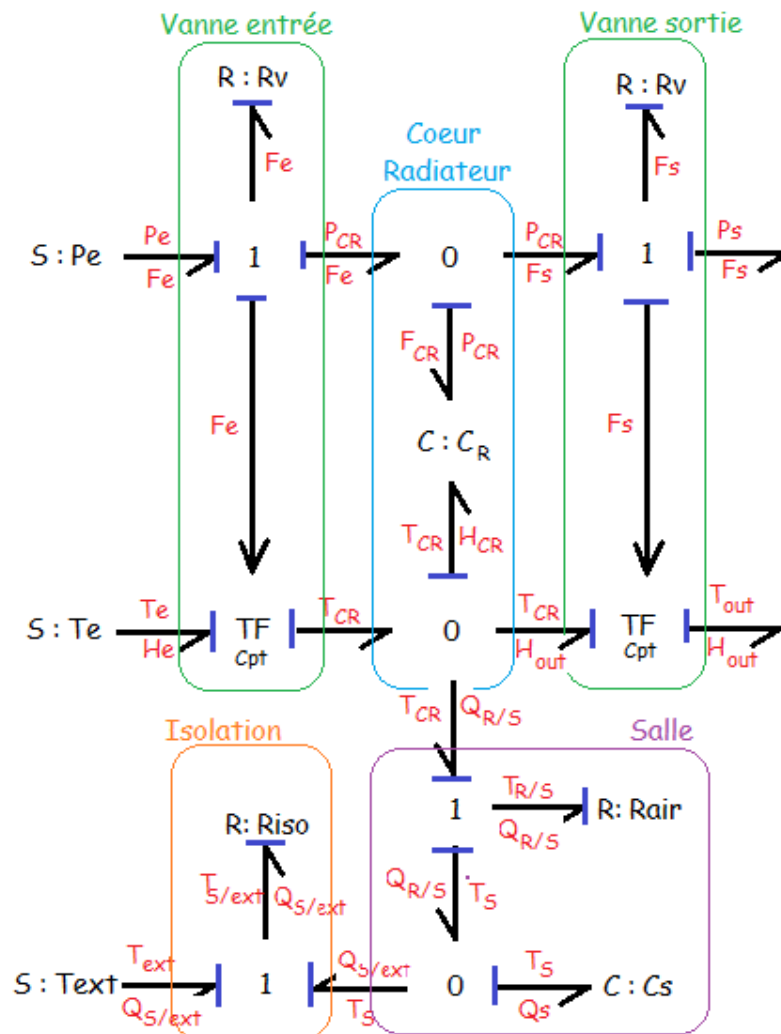


Figure 6 : Bond Graph du système

Cette représentation nous permet ensuite de créer le schéma bloc du système :

Pour visualiser le schéma bloc, vous pouvez ouvrir directement le modèle ci-joint (ATTENTION : impossible d'exécuter sans les fichiers d'initialisation).



Process_EnOcean.mdl



Process_thermostatic.mdl

iii) Modélisation du radiateur

Afin de comprendre le fonctionnement exact du radiateur il a fallu se documenter. (Les documents en Annexes). On a alors déduit les formules de capacité hydraulique du radiateur :

$$Q_{\text{radiateur}} = D \cdot C_{p \text{ eau}} \cdot \Delta T$$

Et nous avons utilisé :

$$T_m = \frac{1}{C_{p \text{ eau}}} \int (H_{\text{entrée}} - Q_{\text{Radiateur} \rightarrow \text{salle}} - H_{\text{sortie}}) dt$$

- H étant l'enthalpie thermique
- $C_{p \text{ eau}}$ capacité thermique de l'eau à pression constante.

iv) Modélisation de l'échange radiateur - salle

$$\begin{cases} Q_{\text{fournie}} = Q_{\text{Nominale}} \left(\frac{\Delta T}{60} \right)^n \text{ avec } \Delta T = \frac{T_d + T_r}{2} - T_s \\ Q_{\text{Radiateur} \rightarrow \text{salle}} = Q_{\text{Rayonnement}} + Q_{\text{Convection}} = \Delta T \cdot S \cdot (h_c + h_r) \\ Q_{\text{fournie}} = Q_{\text{Radiateur} \rightarrow \text{salle}} + Q_{\text{Pertes}} \end{cases}$$

- T_d : Température de départ dans le tuyau 90°C dans le cas de Polytech
- T_r : Température de retour, eau froide retournant à la chaudière (Varie suivant le débit d'eau chaude d'entrée)
- Q_N : Puissance estimée du radiateur (en W) à la norme NF $\Delta T_{\text{Nominale}} = 60^\circ\text{C}$
- H_c : coefficient de transmission thermique par convection
 - o $h_c = 5,6 \cdot \left(\frac{\Delta T}{T_s \cdot h} \right)^{0.25}$
 - o h étant la position en hauteur du radiateur (on estime 0.7 m)
- h_r : coefficient de transmission thermique par rayonnement
 - o $h_r = Ec \times (T_m + T_s) \times (T_m^2 + T_s^2) \times C$
 - o T_m étant la température moyenne du radiateur
 - o T_s la température du local
 - o C : constante de Stefan-Boltzmann, et vaut $5,67051 \cdot 10^{-8}$
- S : la surface du radiateur, surface d'échange dimensionnée à 2,5 m²
- D_{eau} : Débit d'eau d'entrée

B) COMMANDE VS. NON-COMMANDE

On arrive alors à comparer l'utilisation d'une vanne thermostatique avec une vanne commandée. Le cycle d'étude est une journée d'hiver 'classique'. La consigne pour une vanne thermostatique non-commandée varie suivant une valeur approximée, on a estimé que le niveau de confort a été établi pour une $T_{\text{extérieur}} = 10^\circ\text{C}$:

$$T_{\text{consigne}} = f(T_{\text{extérieur}}) = \arctan\left(\frac{T_{\text{extérieur}}}{2} - 5\right) + 20$$

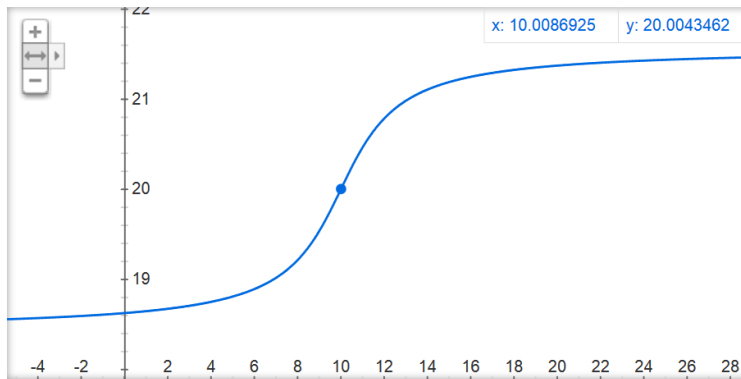


Figure 7 : $T_{\text{consigne}} = f(T_{\text{exterieur}})$

Afin de comparer les résultats, nous avons placé un PID pour commander le système. La température de consigne étant de 20°C Lors de l'utilisation de la salle, de 12°C en heure creuse et 10°C la nuit.

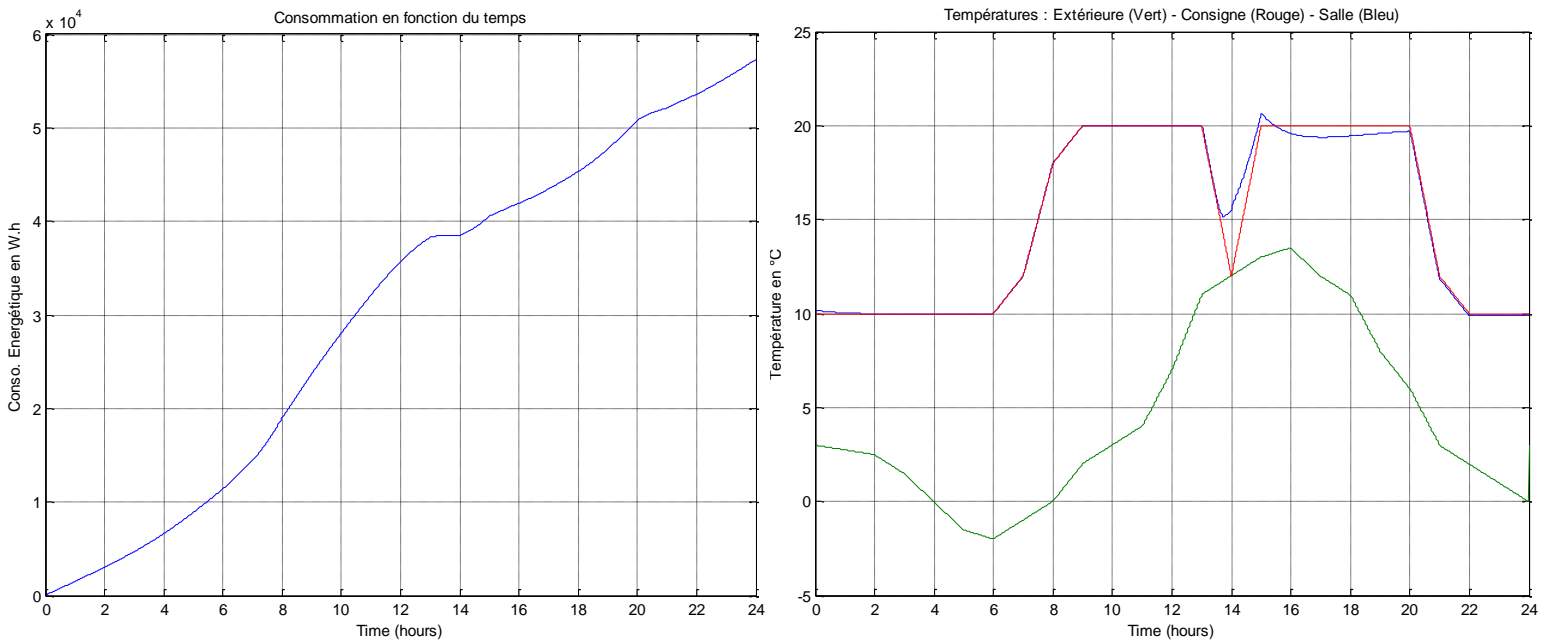


Figure 8 : variations avec une vanne commandée par PID et consigne variant

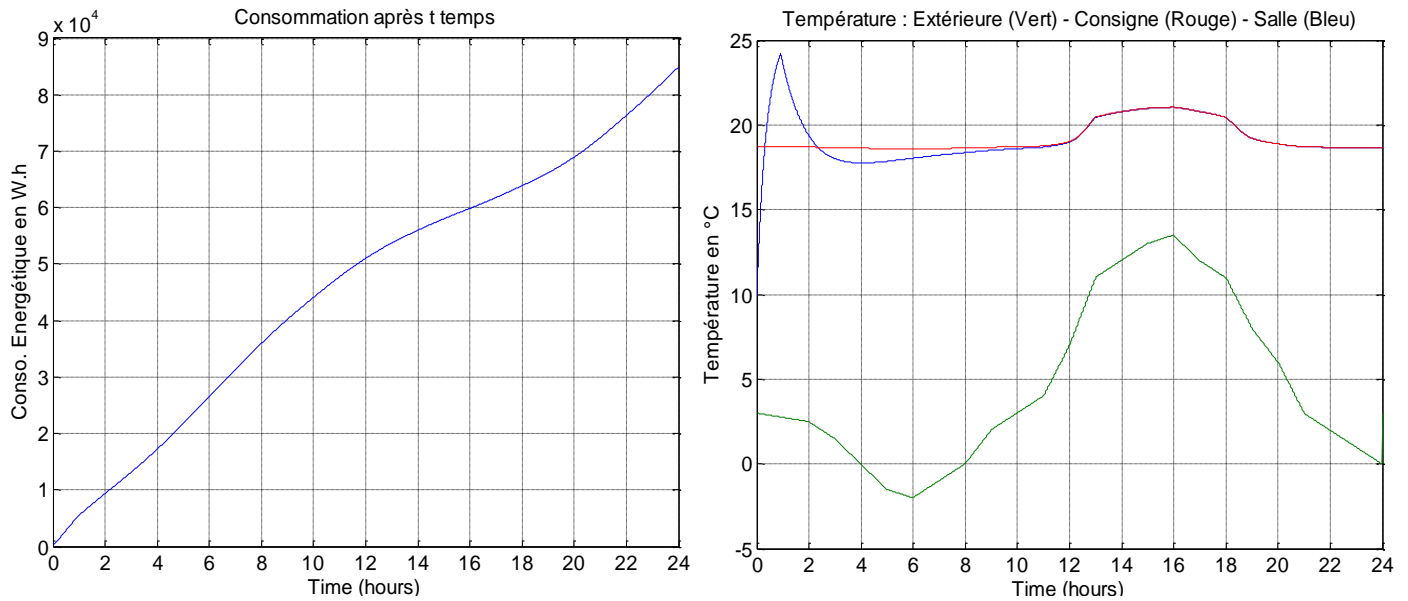


Figure 9 : variations avec une vanne thermostatique

On peut alors constater :

- Un large **gain de confort** avec la vanne commandée
- Une **économie d'énergie de 34%** avec la vanne commandée

Hypothèses utilisées :

- Surface d'échange avec l'extérieur de 50 m² de murs à résistance thermique équivalente à un classe B ;
- Surface vitrée de 10 m² ;
- Les rayonnements solaires et le rayonnement thermique humain n'ont pas été pris en compte ;
- Surface du radiateur égale à 2.5 m² ;
- Débit d'eau max = 200 L/h.

III) Solution Commerciale

A) SYNOPTIQUE DU SYSTEME

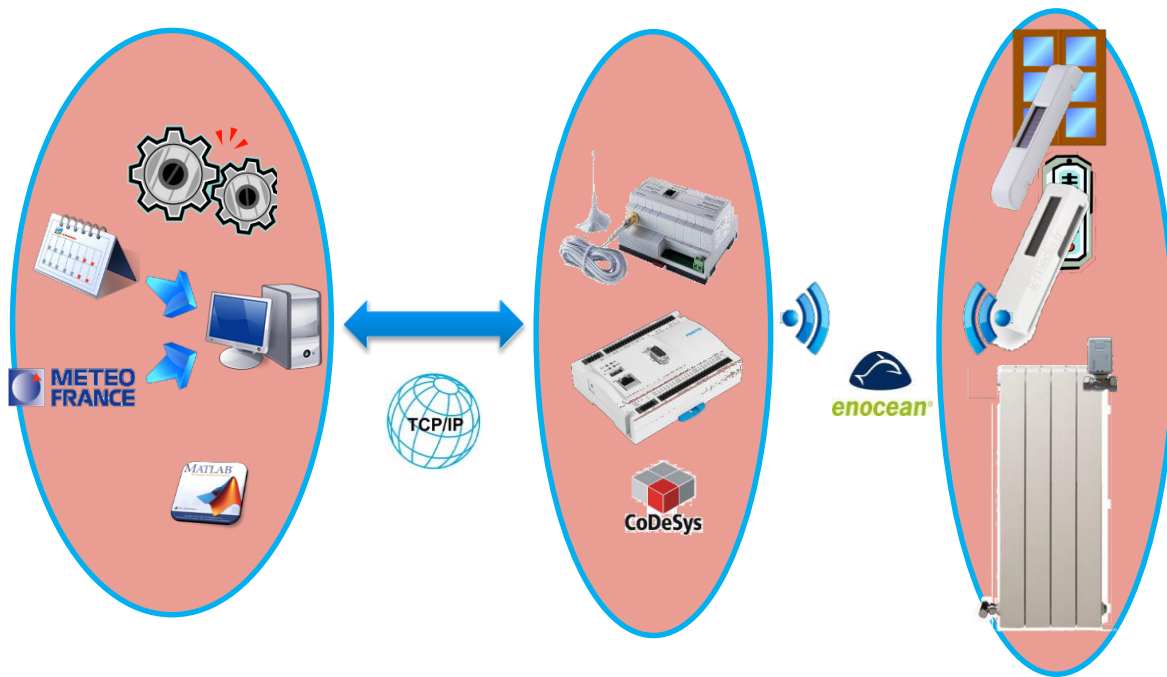


Figure 10 : Synoptique du système

De façon générale, ce dont nous avons besoin, c'était

- d'une IHM gérant la réservation des salles, des données internet à récupérer (à gauche sur Figure 10)
- D'un système embarqué gérant l'adressage des différents périphériques sans-fil, programmable et pouvant recevoir les informations de l'IHM par protocole TCP/IP (intranet).
- Enfin, nous avons besoin de différents périphériques sans-fil dont l'électrovanne, le capteur de température et le capteur de température.

B) DIFFERENTES SOLUTIONS ENVISAGEES

Avant de contacter différents fournisseurs, nous avons proposés plusieurs solutions notre tuteur.

i) **Raspberry Pi + dongle EnOcean**

La première solution envisagée, consistée à prendre comme plateforme d'intermédiaire entre les périphériques sans-fils et l'IHM, une Raspberry Pi, avec branché un dongle USB EnOcean.

ii) **API + interface EnOcean**

L'autre solution était d'utiliser un Automate Programmable Industriel à la place de la Raspberry Pi.

iii) **Protocole Radio (problème de pile et de relai)**

Le protocole sans-fil utilisé à d'office était choisi : EnOcean (voire caractéristiques dans la [ci-dessous](#)).

iv) **Comparatif**

Solutions	Avantages	Inconvénients
Raspberry Pi	<ul style="list-style-type: none">- Programmation sur Linux, totalement libre ;- Possibilité d'intégrer une Bdd pour sauvegarder des données facilement ;- Hébergement de l'IHM ;- Coût très faible d'une Raspberry.	<ul style="list-style-type: none">- Obligation de créer des bibliothèques pour les périph. EnOcean ;- Pas propre ;- Impossible de mettre un relai pour augmenter la portée du protocole radio ;- Temps de programmation très important ;- Gestion de Matlab avec C/C++ coder -> obligation de passer par un compilateur.
API	<ul style="list-style-type: none">- Programmation simplifiée ;- Possibilité de créer des IHM ;- Pas de compilation du code Matlab ;- Support Technique ;	<ul style="list-style-type: none">- Les IHM proposées par le logiciel ne sont visuellement pas très belles ;- Communication avec l'intranet difficile à mettre en place ;

	<ul style="list-style-type: none"> - Relais additionnels pour EnOcean ; - S'installe dans une armoire électrique. 	
--	---	--

Il s'avère que pour un banc de test, il aurait été plus rentable d'utiliser une Raspberry Pi, cependant, nous savons que si la salle 'test' réussit à prouver l'efficacité en gain énergétique, Polytech déploiera dans la majorité des salles ce systèmes. Et à grande échelle, un API est le meilleur choix, puisqu'il est dédié à ce type d'usage.

C) LES PROPOSITIONS ET COMPARAISON DES DEVIS

Nous avons alors contacté 2 fournisseurs Festo et Wago. Voici donc le résumé des négociations et devis obtenus.

FESTO

WAGO

<ul style="list-style-type: none"> ▶ Montage du système inclus ▶ Programmation CoDeSys: <ul style="list-style-type: none"> ▶ Faisable par les étudiants ▶ Rend le PFE très facile ▶ Donne un exemple pour la programmation sous CoDeSys ▶ Prix très élevé : 2600€ ▶ Matériel enOcean non fourni ▶ Faible liberté pour la supervision et la GUI ▶ Support Technique 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Pas de montage du système ▶ Pas de programmation CoDeSys fournie, mais des exemples de codes d'autres projets similaires. ▶ Prix compétitif : 1000€ ▶ Liberté de programmation pour la supervision et la GUI ▶ Support Technique
--	--

Pour raison de budget, nous avons donc choisi WAGO. Il a fallu une fois l'étape de validation du devis, faire le bon de commande et démarcher auprès du pôle automatique de l'école pour obtenir le budget.

A noter que l'ingénieur chargé de la vente chez WAGO nous a aiguillés sur les technologies EnOcean et l'automate à utiliser.

IV) Matériel utilisé

A) PROGRAMMATION CODESYS

La programmation se fera sur le contrôleur programmable WAGO-I/O-SYSTEM qui dispose de fonctionnalités d'automates programmables industriels (API) en utilisant l'environnement CoDeSys.

CODESYS est un environnement de développement pour des automates programmables industriels (API) selon le standard CEI (Commission électrotechnique internationale) pour le développement d'applications dans l'automation industrielle.

Le nom CODESYS est un acronyme et signifie Controller Development System. Le système de programmation est libre de droits et peut être installé et utilisé légalement sur tout ordinateur.

Les langages inclus dans CoDeSys sont tous les langages spécifiés de la CEI 61131-3 (Commission électrotechnique internationale) :

- IL (liste d'instructions), langage assembleur ;
- ST (Texte structuré) pour la programmation structurée ;
- LD (Langage ladder), schéma à contacts
- FBD (Function Block Diagram), boîtes fonctionnelles
- SFC (Sequential Function Chart), qui est proche du langage Grafset



Langage supplémentaire au standard CEI :

- CFC (Continuous Function Chart) est un langage semblable aux boîtes fonctionnelles. Pendant que l'éditeur "boîtes fonctionnelles" s'oriente au réseau et arrange les éléments automatiquement, le CFC permet de les placer librement à l'écran. Les contre-réactions peuvent être réalisées sans variables intermédiaires. Le CFC est particulièrement approprié pour afficher un aperçu d'une application.

B) RECUPERATION DES CAPTEURS – ECHANGES AVEC MATLAB

Comme expliqué précédemment, le choix d'équipements que nous avons fait est le choix d'émetteurs et récepteurs radio EnOcean connectés à l'automate par une passerelle EnOcean, elle-même connectée par une liaison sur l'API.

i. La technologie EnOcean

EnOcean est une technologie sans fil innovante, basée sur des émetteurs radio à très faible consommation. Ainsi les capteurs puisent leur énergie dans l'environnement. Les appareils utilisés utilisent des cellules photovoltaïques pour exploiter l'énergie provenant de la lumière naturelle ou artificielle.

Données techniques :

- Portée :
 - 100 m en Open space
 - 30 m placo/bois au travers de maximum 5 murs
 - 20 brique/béton cellulaire à travers 3 murs
 - 10 m béton armé
 - **N.B** : Il est possible de rajouter des relais intermédiaires afin d'augmenter la portée.
- Fréquence : 868.3 Mhz ;
- Puissance à l'émission, inférieur à 10 mW ;
- Identifiant unique, fixé en usine, pour chaque émetteur ;
- Trames de données très courtes, risque de collision faible ;
- Données transmises au strict minimum, rayonnement 100 fois inférieur à celui d'un téléphone mobile ;
- Taux de pénétration en fonction des types de matériaux.

ii. Émetteurs / Capteurs

Capteur de contact:

C'est un capteur sans fil ni pile compatible EnOcean, alimenté à l'aide d'une cellule solaire et d'un accumulateur d'énergie intégré qui permet un fonctionnement pendant plusieurs jours, même dans l'obscurité totale.

Ce capteur EnOcean est de faible encombrement se fond discrètement dans chaque cadre de fenêtre en aluminium, en plastique ou en bois... Le contacteur effectue la distinction entre la fermeture et ouverture et envoie un « signal de vie » toutes les 20-30 minutes.



Figure 11 : Contacteur de porte aimanté EnOcean

Caractéristiques du contact de porte/fenêtre

EnOcean:

- Détection d'ouverture et de fermeture de porte ;
- Appairage facile.

Capteur de température:



C'est un capteur EnOcean sans fil et sans pile conçu pour mesurer la température ambiante et la transmettre sans fil à un récepteur adapté. Il est alimenté par une cellule solaire donc sans maintenance et autonome.

Figure 12 : Capteur de température EnOcean

Afin de garantir la sécurité de transmission du signal radio, ce dernier est émis brièvement plusieurs fois de suite lors de l'actionnement de la fenêtre.

Caractéristiques du capteur:

- ✓ La température est mesurée toutes les 100 secondes. Si la variation de température entre deux mesures dépasse les $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$, un message est envoyé ;
- ✓ En l'absence de variation de température suffisante, l'information est émise toutes les 15 minutes environ.
- ✓ La grande précision de ses mesures ($0,16^{\circ}\text{C}$) permet d'assurer le confort de ses utilisateurs.
- ✓ En pleine charge, son autonomie lui permet, même en pleine obscurité, de rester actif pendant 4 jours.

Electrovanne



*Figure 13 : Electrovanne
EnOcean*

C'est un servomoteur compact pour vannes à raccordement, commandé par radio et alimenté par pile pour la régulation de la température ambiante.

Utilisé grâce au corps de vannes thermostatiques, le montage se fait directement sur les vannes de radiateur courantes pour réguler la température par pièce dans les installations de chauffage.

Le pilotage est effectué sans fil sur la base du protocole radio EnOcean. La communication radio est réalisée de manière cyclique et bidirectionnelle à l'aide d'une gestion intelligente de réception/d'émission.

Il a différents types de fonctionnement : mode actionneur ou mode de réglage autonome. Il adapte automatiquement son mode de fonctionnement en fonction du type de pilotage du partenaire radio

Bibliothèque

WAGO dispose d'une bibliothèque de fonction complète pour la gestion des capteurs sans fil. Afin de simplifier le travail d'intégration, les blocs fonctionnels décodent les données des trames radio et placent les valeurs reçues dans des variables de sorties adaptées au type de profil du capteur

Configuration

Chaque émetteur EnOcean dispose d'un identifiant unique fixé en usine par le constructeur. Afin de faciliter le paramétrage, il est possible de créer une visualisation permettant de faire un apprentissage automatique des identifiants. Il suffit de sélectionner l'élément à configurer sur la visualisation puis, cliquer sur le bouton « learn » du capteur.

i. Récepteur

Borne d'interface série RS485 couplée à un récepteur EnOcean



Figure 14 : Interface WAGO + Borne EnOcean

d'une communication RS485. La passerelle permet la réception des signaux radio émis par tous les émetteurs radio correspondant au standard du protocole EnOcean.

i. Echanges avec Matlab

Comme la programmation se fait sur CoDeSys et la simulation sur Matlab, il a fallu trouver un outil qui combine les deux ou qui arrive à traduire le programme Matlab en langage utilisable par l'automate. Nos recherches nous ont menés à l'outil Simulink PLC Coder qui est un produit qui génère du texte structuré CEI 61131 pour des automates programmables industriels (PLC et PAC). Cet outil permet d'utiliser une approche Model-Based Design pour des équipements contrôlés par des automates programmables.

Simulink PLC Coder génère du texte structuré à partir de modèles Simulink et de code MATLAB embarqué, puis utilise un environnement de développement intégré (IDE) pour compiler le code et l'exécuter sur un périphérique PLC.

V) Ce qu'il reste à faire...

- Programmation de l'automate sur l'environnement CoDeSys et établir le lien avec le programme Matlab ;
- Intégrer la commande floue développée l'an dernier. Celle permettra un meilleur contrôle de l'électrovanne qu'un PID ;
- Etude d'une solution permettant de prendre en compte la réservation des salles et la communication avec les données externes (exemple: météo) ;
- Intégrer la supervision du système afin de rendre le système plus sûr et plus robuste ;
- Construire une interface homme machine et un programme à intégrer sur les serveurs de Polytech pour la réservation des salles.

Conclusion

A cette de mi-parcours du projet, nous avons établi les bonnes bases. La simulation et modélisation Matlab donnent des résultats concordants. Celle-ci nous permettra ensuite de comparer la théorie et la pratique afin d'estimer si notre programmation est efficace.

La simulation nous permettra par la suite d'intégrer une supervision rendant le système plus fiable et plus robuste, et de détecter les pannes qui pourraient survenir.

Annexes

PREMIER DOCUMENT :

LES RADIATEURS

Dimensionnement des radiateurs.

Pour le dimensionnement d'un radiateur, les déperditions thermiques (voir les pages qui traitent du calcul des déperditions) de la pièce dans laquelle il va se trouver doivent avoir été calculées. Une fois ces déperditions obtenues, vient le choix du radiateur. Ce choix va être fait dans le catalogue d'un fabricant. Il faut savoir que les puissances annoncées sur les catalogues sont des puissances "normalisées" c'est à dire qu'elles ont été mesurées suivant une méthode bien précise (méthode décrite dans la norme européenne EN 442). En gros, les émissions thermiques d'un radiateur sont mesurées dans une cellule de 4m x 4m x 3m maintenue à une température ambiante (Ti) de 20°C par refroidissement de ses parois et ceci par circulation d'eau. La température d'entrée d'eau du radiateur (Te) est portée à 75°C puis le débit est réglé de façon à obtenir une chute de température dans le radiateur de 10°C donc 65°C en sortie de radiateur (Tr) et ceci afin d'obtenir un DeltaT de 50 °C : $(75 + 65) / 2 - 20 = 50$, une fois les températures stables, on mesure à l'aide de différents capteurs la puissance thermique totale (radiative et convective) du radiateur. Avec le même débit la puissance est mesurée à différents DeltaT. Plusieurs radiateurs sont mesurés dans une même gamme et pour connaître la puissance émise par tous les radiateurs de la gamme on procède par méthode d'interpolation.

Avant le 28 septembre 1997 la norme Française (NF P 52011) était appliquée. La différence entre les 2 normes est principalement le DeltaT utilisé :

NF P 52011 DeltaT = 60 °C (90 + 70) / 2 - 20 = 60

EN 442 DeltaT = 50 °C (75 + 65) / 2 - 20 = 50.


Cette baisse de température pour le calcul des puissances des radiateurs est principalement due aux températures de fonctionnement des chaudières actuelles, généralement limitées à 75°C, qui fonctionnent en basse et très basse température car les logements sont maintenant très bien isolés et ne demande donc plus des températures élevées.


Le choix du radiateur dans un catalogue se fait généralement par valeur égale ou supérieure à la valeur des déperditions. Comme les déperditions ont été calculées dans les conditions de base (températures extérieures constatées au moins 5 fois dans l'année et ceci sur plusieurs années), si on prend un radiateur qui correspond de très près à la puissance nécessaire et que la température de base est dépassée durant quelques jours, les déperditions seront supérieures à celles calculées et comme la chaudière est déjà au maximum de ses possibilités avec les conditions de base (température de départ de 75 °C) les émissions seront inférieures aux déperditions et la température d'ambiance va descendre jusqu'à ce que les déperditions soient en équilibre avec les émissions thermiques du radiateur. Pour cette raison il est conseillé de rajouter une marge de puissance au radiateur de 15 à 20% si on n'utilise pas le radiateur en basse température (voir ci-dessous) : déperditions x 1,15 ou 1,20. Il faut aussi savoir que plus la température de départ chaudière devra être élevée moins bon sera le rendement de l'installation.

1

Figure 15 : Double cliquez pour ouvrir !

LES DEVIS :





Projet de régulation thermique d'une salle de cours

Définition technique et Enveloppe de prix

- Coffret de communication
- Partie opérative EnOcean

Version B du 16/09/14

Pour Polytech Lille :
M. OULD BOUAMAMA
Directeur de Recherches


Pour le CITC :
M. GAULTIER
Chef projet R&D

Pour Festo :
M. VAQUETTE
Ingénieur des Ventes
M. GILLET
Ingénieur Applications

PROJREC00LLET_Solution
Projet de régulation thermique
May 08, 2014

Figure 16 : Devis FESTO -> DOUBLE CLIQUEZ POUR OUVRIR

WAGO CONTACT SAS - 10 rue des Châtaigniers - Paris Nord 2
93100 La Plaine St Denis - France - 01 49 38 73 01
Téléphone : 01 49 38 73 01 - Fax : 01 49 38 73 01
SAS au Capital de 100 000 € - R.C.S. BOULOGNE en Seine-Saint-Denis - 491 4556
N°SIRET : 491 4556 1000 - N°SIREN : 491 4556 1000
TVA n° FR 01 211 108 108
E-Mail : info@wago.com



Monsieur Belkacem OULD BOUAMAMA
Tél : 03 28 78 73 97
Fax : 03 28 78 73 01
E-mail : belkacem.ouldbouamama@polytech-lille.fr

POLYTECHLILLE
2 AV PAUL LANGEVIN
CITE SCIENTIFIQUE
59655 VILLENEUVE D'ASCQ CX

Roissy, le 25/07/2014

Devis n° LFU01160-2
Projet radiateur en radio (V02)

Nous vous remercions pour votre demande et nous vous remettons, ci-après, notre proposition :

Pos	Qté	Article / désignation	Unité		Total HT
			Unité Emb.	Prix Unit. Net	
10	1	787-1002 Alimentation à découpage COMPACT 230 V AC / 24 V DC - 1.3 A	1	40,7340	40,73
20	1	750-881 Contrôleur Ethernet TCP/IP 10/100MB + switch 2 ports	1	347,7075	347,71
30	1	750-653003-000 Borne interface RS 485 Configurable	1	182,5460	182,55
40	1	5102-9640 RECEPTEUR/EMETTEUR RADIO RS485 IP42	1	206,6220	206,62
50	1	750-600 Borne d'extrémité finale Bus	1	10,1220	10,12
80	0	-----Séparateur----- LIGNE SÉPARATRICE ----- Vanne de régulation radio pour radiateur + anténa	0	0,0001	0,00
70	1	5106-7084 REGUL RADIO P.RADIATEUR M30x1.5 STD Ce régulateur se monte sur une vanne thermostatique M30 x 1.5 type thermostat M30 diamètre de serrage : 1.5 pas de vis. Le système antémontage de la vanne porte la référence 5109-7088	1	111,2900	111,03
80	1	5109-7088 SYSTEME ANTIDEMONTAGE P.VANNE RADIO se monte sur une vanne droite ou équerre en empêchant l'accès à la bague de desserrage du régulateur thermostatique	100	10,0440	10,04
90	0	-----Séparateur----- LIGNE SÉPARATRICE -----	0	0,0001	0,00
100	1	5106-7098 CAPTEUR DE TEMPERATURE COMPACT Version sans pile. Périodicité d'envoi non paramétrable.	1	56,4080	56,41
110	1	-----Opt-ions----- OPTION(S) ----- Les lignes suivantes n'interviennent pas dans le calcul du total du devis.	1	0,0001	0,00
120	0	5109-7786 CAPTEUR FENETRE/PORTE SS BATT.COMPACT	1	52,3590	0,00
130	0	5102-4455 CAPTEUR DE TEMPERATURE RADIO	1	98,2240	0,00

DEVIS N° : 4198784FU01160-2LF
Page 1 / 2
Visa :

Figure 17 : Devis WAGO-> DOUBLE CLIQUEZ POUR OUVRIR