



1, place Georges Brassens –BP 73-
31703 BLAGNAC Cedex

neOCampus



Cr Rose Dieng-Kuntz,
31400 Toulouse

Calibration de capteurs neOSensors

Rapport de stage effectué du 12 février 2024 au 07 avril 2024

AUTEUR

Malique Manon

TUTEUR DE STAGE

Thiebolt François

ENSEIGNANT RÉFÉRENT

Péninou André

2024



Je souhaite remercier François, mon maître de stage, pour m'avoir offert l'opportunité de réaliser mon stage et pour avoir été une source d'inspiration. Je tiens également à adresser mes remerciements à toute l'équipe de l'Amilab pour leur bienveillance et leurs précieux conseils. En particulier, je suis reconnaissante envers Marie pour ses conseils avisés et Benjamin pour les enseignements précieux qu'il m'a transmit qu'ils soit techniques ou professionnel. Je souhaite remercier Marie-Pierre et Marie-José, de m'avoir permis de réaliser mon stage chez neOCampus.

Je souhaite également exprimer ma gratitude envers l'équipe SMAC pour les moments de convivialité partagés lors des déjeuners et pour m'avoir aidé à clarifier mes ambitions concernant mes études post-BUT. Je tiens à remercier Philippe pour sa bonne humeur constante et pour m'avoir fait découvrir le fonctionnement de la navette et des droïdes.

Mes remerciements s'étendent également à tous les enseignants de l'IUT de Blagnac pour avoir contribué à l'acquisition de mes connaissances et pour avoir suscité en moi le désir de poursuivre mes ambitions. Je tiens à remercier André Péninou pour son tutorat attentif et ses conseils précieux tout au long de ce stage. Je souhaite également exprimer ma gratitude envers Patricia Stolf pour son précieux soutien dans ma recherche de stage.

Sommaire

1 Présentation de l'entreprise	3
2 Analyse des besoins	7
3 Réalisation Technique : Méthodologie	10
4 Réalisation Technique : Déroulement	13
5 Réalisation Technique : Résultats	14
6 Bilans	19
References	27

Introduction

Dans ce rapport, plongez au cœur du Groupement d'Intérêt Scientifique (GIS) neOCampus, un véritable terrain d'expérimentation où l'innovation rencontre l'action concrète. Mon immersion dans cet environnement stimulant, s'inscrit dans le cadre de ma formation pour l'obtention du BUT Informatique parcours "Réalisation d'applications : Développement, Conception, Validation" à l'IUT de Blagnac. Mon stage, réalisé entre le 12 février et le 7 avril 2024, s'est déroulé à l'Institut de Recherche en Informatique de Toulouse (IRIT), au sein du GIS neOCampus.

J'ai eu l'occasion de faire partie d'une équipe dynamique au sein de l'Amilab (L'unité opérationnelle de neOCampus), composée de chercheurs, de doctorants, d'ingénieurs, d'alternants et de stagiaires. Cependant, ma mission spécifique consiste à travailler seule sur la calibration du capteur "neOSensor".

L'enjeu social de l'activité de neOCampus est crucial. Le GIS a pour mission de transformer le campus universitaire Paul Sabatier de Rangueil en un terrain d'expérimentation intelligent, novateur et respectueux de l'environnement, autour de l'Internet des Objets (IoT). Cette transformation vise à créer des synergies en recherche et innovation entre les 20 laboratoires participants, en favorisant une approche interdisciplinaire centrée sur l'amélioration du confort quotidien de la communauté universitaire, la réduction de l'empreinte écologique des bâtiments et des coûts de fonctionnement.

C'est dans ce but précis que s'inscrit mon sujet de stage. En effet, j'ai eu l'occasion de travailler sur le développement d'un mode de calibration pour les "neOSensors" qui sont des capteurs fabriqués par neOCampus pour surveiller les paramètres environnementaux. Les nouveaux capteurs de température achetés par neOCampus sont peu coûteux mais peu précis. Ainsi, mon objectif est de calibrer le neOSensor en utilisant un capteur de référence de meilleure qualité, le "ThermoPro", afin d'améliorer la précision des mesures effectuées par le neOSensor.

Mon travail permettra d'améliorer la précision des mesures de températures sur le campus et donc de répondre à ce besoin crucial. En corrigant les valeurs du neOSensor, je contribue directement à la réalisation des objectifs de neOCampus.

Pour documenter mon stage, je débuterai par une présentation de l'IRIT et de neOCampus. Ensuite, j'identifierai le besoin spécifique du GIS. Après avoir identifié ce besoin, je détaillerai la méthodologie que j'ai utilisée, ainsi que le déroulement et les résultats obtenus pour répondre à ce besoin. Enfin, je conclurai par un bilan de ce stage.

1 Présentation de l'entreprise

1.1 Présentation du laboratoire IRIT [1]

1.1.1 Historique, situation actuelle

Fondé en 1990, le laboratoire IRIT est sous la tutelle de l'UT3, du CNRS, de l'INP Toulouse et de l'UT1. (Figures 1, 2 et 3) Il est le fruit de la fusion de deux URA du CNRS et de l'Université Paul Sabatier. Il est issu de la mise en commun des moyens de recherche initiée par le conseil régional de Midi-Pyrénées. Depuis sa création, il accueille des équipes provenant de divers laboratoires des universités toulousaines.



FIGURE 1 – Logo de l'IRIT



FIGURE 2 – Localisation de l'IRIT



FIGURE 3 – IRIT

Avec environ 600 membres et une centaine de collaborateurs extérieurs, l'IRIT se positionne comme la plus importante UMR CNRS en termes de chercheurs. Ses activités de recherche se concentrent sur cinq grands sujets scientifiques et six domaines d'application stratégiques.

L'IRIT, en tant que laboratoire de recherche, n'a pas de clients ou de concurrents dans le sens commercial du terme. Cependant, les équipes de l'IRIT sont en compétition avec celles d'autres laboratoires en France et dans le monde pour la publication d'articles de recherche.

1.1.2 Ressources humaines : analyse des services

Au sein de l'IRIT, les services sont organisés en sept départements de recherche, regroupant au total 24 équipes de recherche (Figure 4).

Les différents départements de l'IRIT :

- Département ASR : Architecture, Systèmes, Réseaux (5 équipes)
- Département CISO : Calcul Intensif, Simulation, Optimisation (2 équipes)
- Département FSL : Fiabilité des Systèmes et des Logiciels (4 équipes)
- Département GD : Gestion de Données (3 équipes)
- Département IA : Intelligence Artificielle (3 équipes)
- Département ICI : Intelligence Collective, Interaction (3 équipes)
- Département SI : Signaux et Images (4 équipes)

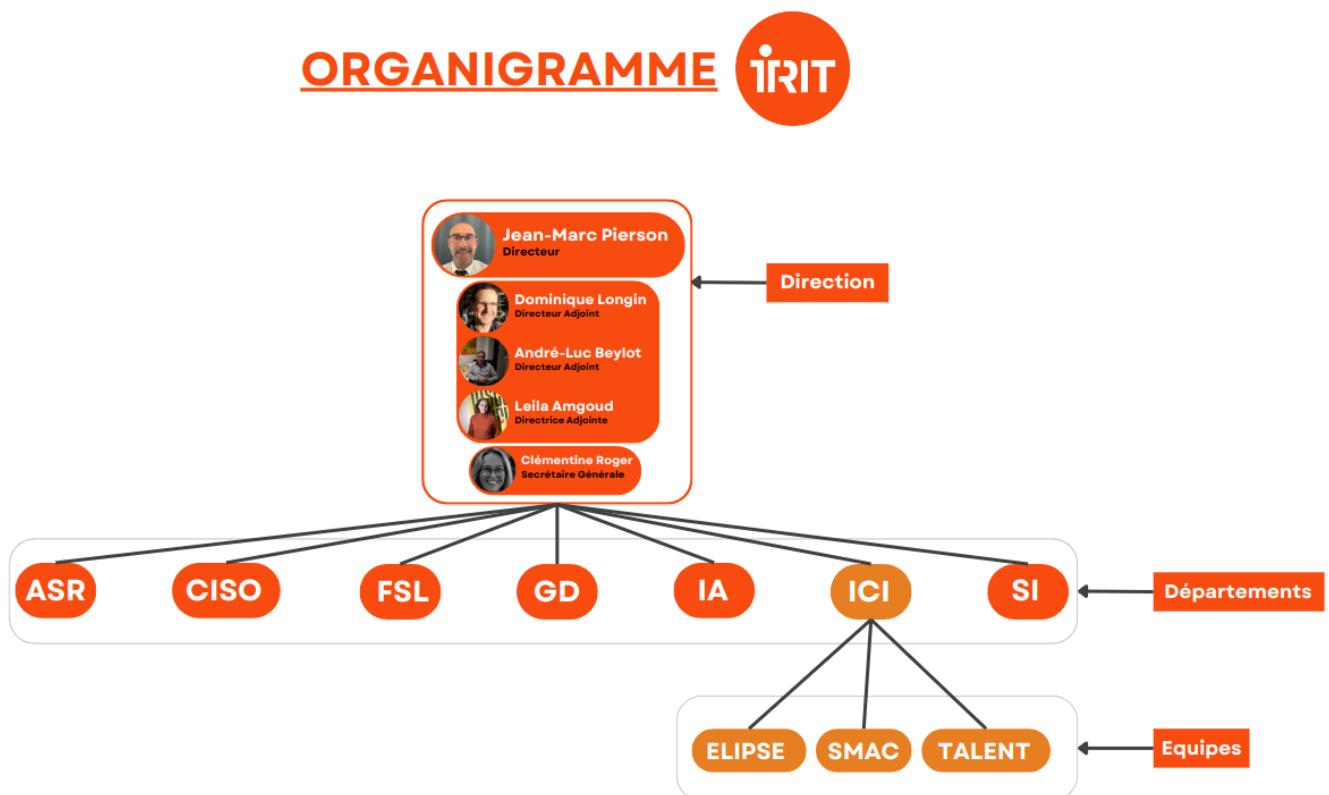


FIGURE 4 – Organigramme de l'IRIT

Mon stage se déroule à l'Amilab qui appartient à l'équipe SMAC (Figure 5). Mon stage porte sur le calibrage des neOSensors, des dispositifs conçus pour collecter des données, afin d'améliorer leur précision et leur efficacité. Cela sera donc utile aux ingénieurs et aux chercheurs de l'équipe SMAC qui utilisent des données.



FIGURE 5 – Étage 3, Batiment 2 - IRIT

1.2 Présentation du GIS neOCampus [2][3]

1.2.1 Historique, situation actuelle

Depuis sa genèse en 2013 à partir de l'initiative de chercheurs des laboratoires du campus de l'Université Toulouse III - Paul Sabatier, neOCampus a évolué pour devenir un Groupe-ment d'Intérêt Scientifique (GIS) en 2022 (Figure 6). Son objectif principal est de créer des synergies en recherche et innovation autour de l'Internet des Objets (IoT) en rassemblant les compétences d'environ 300 membres et de 20 laboratoires dont l'IRIT.



FIGURE 6 – Logo de neOCampus

Le GIS neOCampus vise à transformer le campus en un terrain d'expérimentation et d'innovation. Son objectif est double : améliorer le confort quotidien de la communauté universitaire tout en réduisant l'empreinte écologique des bâtiments et les coûts de fonctionnement. Cela se réalise par la mise en place d'expérimentations et en impliquant les usagers dans l'évolution de leur environnement, campus. Par exemple, dans le cadre de la plateforme autOCampus, neOCampus déploie des droïdes de transport de matériels (Figure 7) ainsi qu'une navette autonome dédiée au transport de personnes (Figure 8).



FIGURE 7 – Droïde Athos #3 et moi



FIGURE 8 – Navette autOCampus

La culture d'entreprise chez neOCampus met l'accent sur l'innovation, la transdisciplinarité, la collaboration et le développement durable.

1.2.2 Ressources humaines : analyse du/des services

Le GIS est composé de chercheurs de 20 laboratoires (Figure 9). Cette représentation met en lumière l'interconnexion et la collaboration entre neOCampus et ses différents partenaires de recherche.

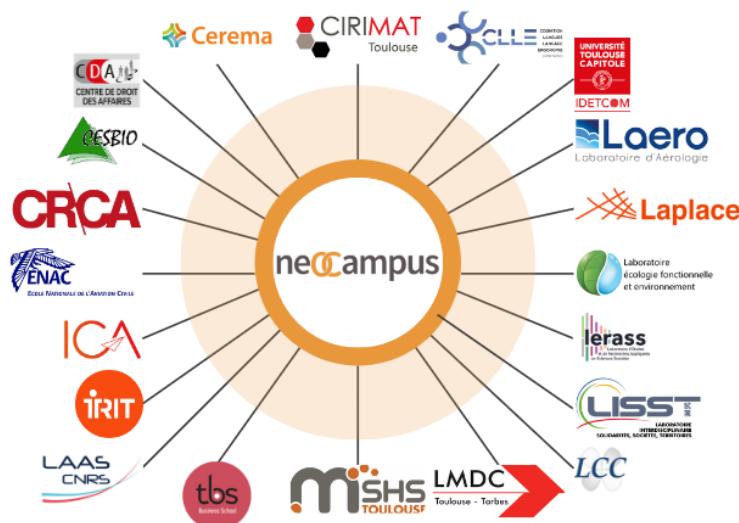


FIGURE 9 – Organigramme de neOCampus

NeOCampus n'a ni clients ni concurrents et ne fournit aucun service, car il s'agit d'un GIS. Cependant, il entretient des partenariats avec des entreprises industrielles, des pôles et des agences.

2 Analyse des besoins

2.1 Analyse de la demande

NeoCampus équipe les différents départements de l'Université Paul Sabatier de neOSensors (Figure 14). Ces dispositifs sont conçus pour surveiller des paramètres environnementaux tels que la température, l'humidité, le CO₂, les particules fines, le bruit et la luminosité. Chaque neOSensor est personnalisable et peut être équipé de différents capteurs, notamment des capteurs de température.

Il existe plusieurs capteurs de température disponibles :



FIGURE 10 – MCP9808



FIGURE 11 – SCD4x

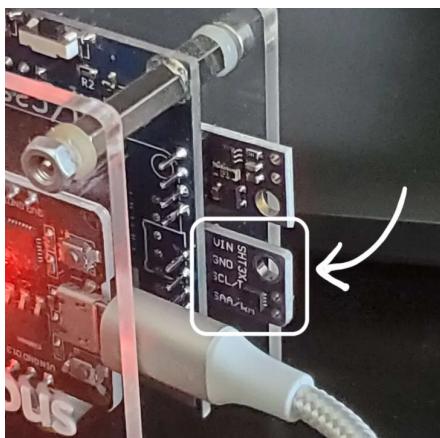


FIGURE 12 – SHT3x

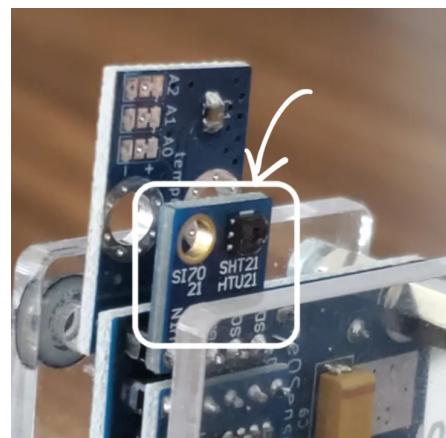


FIGURE 13 – SHT2x

NeOCampus sollicite ce stage en raison de l'acquisition à moindre coût de certains capteurs de température, à savoir les SHT3x et SHT2x (Figures 12 et 13). Ces capteurs, bien que initialement abordables sur le plan financier, se sont révélés être non calibrés, produisant des mesures de température inexactes. Cette inexactitude compromet la qualité des données recueillies par neOCampus, impactant ainsi non seulement les recherches futures

qui s'appuient sur ces données, mais également les utilisateurs qui se fient à ces capteurs pour des mesures précises de température.

2.2 Définition des contraintes et des objectifs

2.2.1 Objectifs techniques :

Je suis chargé de développer un mode de calibration pour les neOSensors afin de corriger les lectures de température inexactes. Pour ce faire, j'ai des spécifications techniques précises à suivre :

- **Objectif 1** : Choisir une solution de communication entre le capteur de référence et le neOSensor.
- **Objectif 2** : Développer la fonctionnalité permettant d'utiliser la valeur de référence pour corriger la température mesurée par le neOSensor.
- **Objectif 3** : Intégrer un mécanisme de déclenchement du mode calibration du neOSensor.

2.2.2 Contraintes et technologies utilisées :

Pour répondre aux exigences du projet, plusieurs contraintes et technologies ont été définies.

- Utilisation d'un neOSensor et d'un capteur de référence, afin de pouvoir tester mon code



FIGURE 14 – Le neOSensor et le capteur de référence (ThermoPro)

- Utilisation de l'environnement de développement intégré (IDE) Arduino pour tester le code.

- Utilisation de l'éditeur de code VSCode pour l'écriture et la gestion du code.
- Système d'exploitation Linux, distribution Fedora
- Utilisation du code du neOSensor

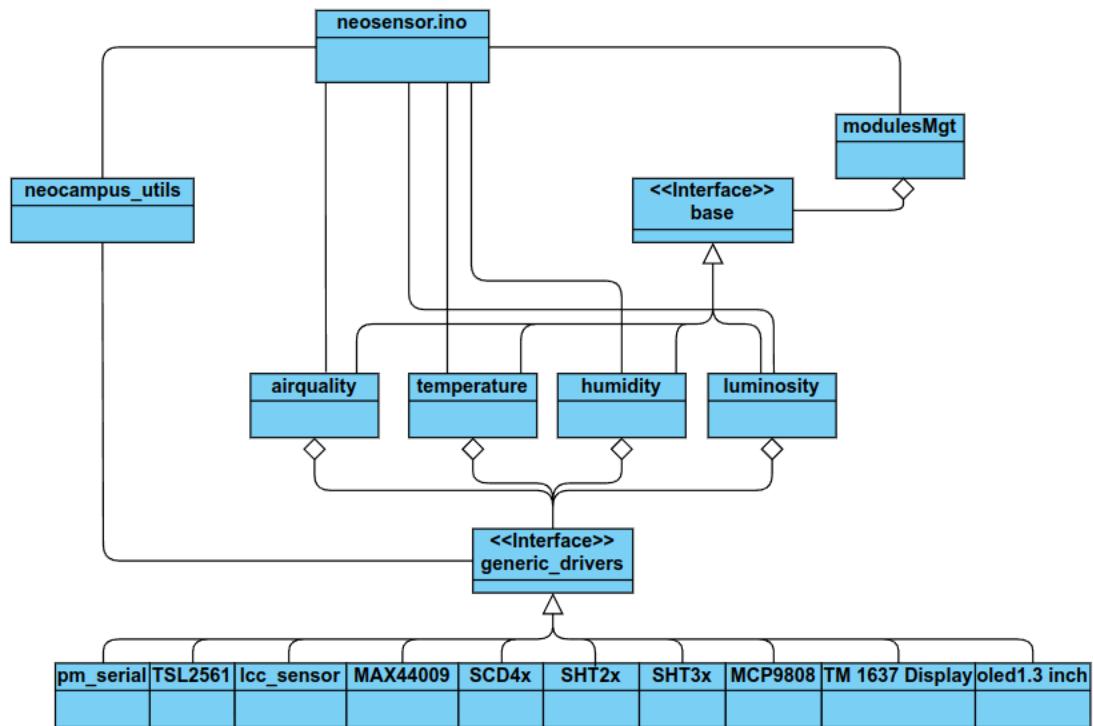


FIGURE 15 – Diagramme des Classes du code du neOSensor

3 Réalisation Technique : Méthodologie

3.1 Gestion de projet

3.1.1 Équipe

Dans le bâtiment IRIT2, je suis intégré à l'Amilab.



FIGURE 16 – Équipe de l'Amilab

Nous sommes 7 (Figure 4) :

- François (Directeur/Responsable Technique) :
 - François occupe le poste de directeur ou responsable technique chez neOCampus. Il est également impliqué dans la recherche menée par l'organisation.
 - Il gère l'infrastructure de neOCampus et supervise les opérations techniques de l'organisation.
- Marie et Benjamin (Ingénieurs de Recherche) :
 - Marie et Benjamin sont tous deux ingénieurs-recherche support, ce qui implique qu'ils fournissent un soutien technique et contribuent aux projets de recherche menés par neOCampus.
 - Ils travaillent sur divers projets de neOCampus et apportent leur expertise technique pour les mener à bien.
- Mihai (Alternant en M2) et Irina (Doctorant) :
 - Mihai est un alternant en master 2 (M2) qui se concentre sur le déploiement de ressources de capteurs. Irina est un doctorant qui travaille avec Mihai.
- Emerick (Stagiaire en M2) :
 - Emerick est un stagiaire en master 2 (M2) qui travaille sur le développement d'une application autonome de mesure de fréquentation par caméra pour quantifier le nombre de personnes et de véhicules. Il utilise l'intelligence artificielle pour développer une solution innovante de mesure de fréquentation.

— Manon (Stagiaire en BUT2)

Au sein de l'équipe, mes interactions sont principalement avec mes collègues de l'Amilab, mais je suis également amené à partager des moments de convivialité avec d'autres membres de SMAC lors des déjeuners et des sessions de jeux de société qui favorisent les échanges et renforcent la cohésion au sein du groupe.

3.1.2 Organisation et communication

Dans le cadre de mon stage au sein de neOCampus, j'ai adopté des approches flexibles en matière de gestion de projet, d'organisation et de communication. Bien que je n'aie pas suivi une méthodologie formelle, j'ai mis en place des pratiques qui ont permis de structurer mon travail et de maintenir une communication efficace avec mon équipe.

Plutôt que de suivre une méthodologie rigide de gestion de projet, j'ai opté pour une approche plus pragmatique. J'ai pris des notes sur papier et sur ma tablette tout au long du processus pour suivre mon avancement, identifier les tâches accomplies et celles restant à faire. Lorsque je rencontrais des difficultés ou que je déviais de la bonne direction, j'organisais des points avec François, pour discuter des ajustements nécessaires. Cette approche m'a permis de rester agile et de m'adapter aux changements qui se présentaient.

Bien que je n'aie pas établi de planification prévisionnelle détaillée dès le départ, j'ai adopté une approche itérative pour structurer mon travail. Initialement, j'ai consacré du temps à me familiariser avec le code existant, puis j'ai pris le temps de réfléchir à des solutions possibles. Cette approche progressive m'a permis de mieux comprendre les besoins du projet et d'identifier les étapes à suivre pour atteindre mes objectifs.

La communication a été essentielle tout au long de mon stage. Bien que j'aie disposé d'une adresse e-mail fournie par l'IRIT pour communiquer, la proximité physique avec mon équipe a rendu cette adresse peu utilisée. En effet, nous partagions tous le même bureau, ce qui facilitait les échanges informels et les discussions autour du projet. De plus, j'ai été ajouté au GitLab de neOCampus pour accéder au code préexistant, ce qui a facilité la collaboration et le partage des ressources avec mes collègues.

3.2 Développement [4][5][6][7]

3.2.1 Solutions possibles

Voici les outils et logiciels utilisés lors du développement, en mettant en avant leurs avantages qui ont justifié leur sélection ainsi que leurs inconvénients

— Microcontrôleur ESP32 :

Le cœur du neOSensor est basé sur le microcontrôleur ESP32, choisi pour sa polyvalence, ses performances et sa connectivité Bluetooth intégrée.

Cependant, il est complexe à configurer pour les débutants.

— Langage de programmation C++ :

Le langage C++ a été utilisé pour le développement du firmware du neOSensor en raison de sa capacité à fournir un code efficace et hautement optimisé pour les microcontrôleurs, ainsi que sa prise en charge de la programmation orientée objet, facilitant la modularité et la réutilisation du code.

Cependant, la taille du code est généralement plus volumineuse, pouvant poser problème sur des microcontrôleurs avec des ressources limitées.

— Bluetooth Low Energy (BLE) :

La communication sans fil entre le neOSensor et le capteur de référence est réalisée via Bluetooth Low Energy (BLE), une technologie économique en énergie adaptée aux applications IoT.

— Framework Arduino :

Le framework Arduino a été utilisé pour le développement sur le microcontrôleur ESP32, offrant une bibliothèque riche en fonctionnalités.

Il est parfois limité en termes de performances et de fonctionnalités par rapport à d'autres frameworks.

— Environnement de développement intégré (IDE) :

— Arduino IDE

L'IDE Arduino a été utilisé comme environnement de développement pour compiler et téléverser le firmware du neOSensor sur le microcontrôleur ESP32.

Cependant, il est limité en termes de fonctionnalités avancées comparé à d'autres IDE.

— Visual Studio Code (VS Code) :

VS Code a été utilisé comme environnement de développement pour écrire et organiser le code du neOSensor. Sa polyvalence, son extensibilité et ses fonctionnalités avancées en font un outil idéal pour le développement logiciel.

Sa configuration est parfois complexe pour une utilisation optimale.

4 Réalisation Technique : Déroulement

4.1 Retour d'expérience

4.1.1 Déroulement technique

Objectif 1 : Choisir une solution de communication entre le capteur de référence et le neOSensor.

L'un des défis majeurs était d'acquérir de manière fiable la valeur du capteur de référence à partir d'un neOSensor. Initialement, j'ai rencontré des difficultés pour déterminer la meilleure méthode pour récupérer cette donnée. J'ai exploré trois possibilités : via MQTT, via Bluetooth ou en modifiant un fichier de configuration. Après réflexion, il m'est apparu plus judicieux de le faire via Bluetooth, car j'avais déjà un code fonctionnel développé par Marie à ma disposition. Ensuite, j'ai tenté d'intégrer ce code déjà éprouvé dans celui du neOSensor. Malheureusement, cette fusion s'est avérée inefficace en raison de l'espace mémoire considérablement occupé par la bibliothèque BLE dans le code. François a donc élaboré un partitionnement pour réorganiser les données, libérant ainsi davantage d'espace pour le code. Une fois cette modification effectuée, j'ai pu récupérer la valeur du capteur de référence qui va ensuite pouvoir servir à corriger le neOSensor.

Objectif 2 : Développer la fonctionnalité permettant d'utiliser la valeur de référence pour corriger la température mesurée par le neOSensor.

Le développement de la fonctionnalité pour corriger la température du neOSensor s'est avéré complexe. Pour commencer, j'ai dû consacrer du temps à comprendre la structure du code du neOSensor, ce qui m'a demandé une période d'adaptation. Ensuite, j'ai entrepris de comprendre la manière d'accéder aux données de température fournies par le neOSensor. Puis, je me suis demandée comment calibrer une valeur mathématiquement. Une fois que j'ai acquis une compréhension approfondie de ces éléments, j'ai pu développer ma méthode de calibration.

Objectif 3 : Intégrer un mécanisme de déclenchement du mode calibration du neOSensor.

Pour intégrer le déclenchement du mode calibration par un appui simultané des boutons "+" et "-", j'ai modifié un extrait de code du neOSensor utilisé pour détecter l'appui sur le bouton "CLEAR". Après avoir compris le code, j'ai ajusté la logique pour reconnaître l'appui simultané des boutons "+" et "-", pendant 5 secondes, en utilisant une minuterie. Une fois cette modification effectuée, le mécanisme de déclenchement du mode calibration a été intégré avec succès.

5 Réalisation Technique : Résultats

5.1 Livrables

Pour chaque objectif atteint durant mon stage, je vais présenter un extrait de code accompagné d'explications sur ce que j'ai réalisé et comment je l'ai fait.

Il est important de noter que je n'ai pas réalisé de tests formels ni de documentation exhaustive pendant mon stage. En raison de la nature évolutive du projet et de la perspective de modifications ultérieures du code. De ce fait, le code que j'ai produit reste sujet à des changements substantiels dans le futur.

Cependant, j'ai pris soin d'ajouter des commentaires en anglais pour chaque section de code ajoutée, afin d'expliquer son fonctionnement.

Objectif 1 : Choisir une solution de communication entre le capteur de référence et le neOSensor

Pour acquérir la valeur du capteur de référence BLE, je me suis servie de ces deux extraits de code :

- https://gitlab.irit.fr/gis-neocampus/neosensor/neOCampus-arduino/-/blob/master/tests/BLE_ThermoPro/BLE_ThermoPro.ino?ref_type=heads
- https://github.com/nkolban/ESP32_BLE_Arduino/blob/master/examples/BLE_scan/BLE_scan.ino

À l'aide de ces extraits, j'ai pu réaliser l'Objectif 1 avec le développement de diverses fonctions, méthodes et classes. Voici un exemple d'une fonction et d'une méthode que j'ai développées (avec traduction) :

```

1 // **** getTemperature ****
2 float advertisedDeviceCallbacks::getTemperature(BLEAdvertisedDevice device)
3
4 // Display the BLE Device data
5 // (FR- Affichage des données de l'appareil BLE)
6 void advertisedDeviceCallbacks::onResult(BLEAdvertisedDevice device)
```

- **getTemperature** sert à récupérer la valeur d'un capteur Bluetooth.
- **onResult** sert à afficher les données du capteur. Cette méthode est appellée automatiquement.

Ce livrable est essentiel car il nous permet à notre mode de récupérer de manière fiable les données du capteur de référence. Cela garantit la précision des mesures effectuées par le neOSensor par la suite.

Objectif 2 : Développer la fonctionnalité permettant d'utiliser la valeur de référence pour corriger la température mesurée par le neOSensor

Pour corriger la valeur de la température , j'ai utilisé cette équation :

$$\text{Val}_{\text{calibrée}} = a \times \text{PVal} + b$$

PVal = Valeur avant calibration.

Le neOSensor a un comportement linéaire. La calibration consiste alors à modifier les coefficients a et b. Voici la méthode qui calibre les coefficients a et b (avec traduction) :

```

1  ****
2  * Calibration of a sensor by updating a and b
3  * (FR— Calibration d'un capteur en modifiant a et b)
4  * pval : last value read
5  * (FR— pval : dernière valeur lue)
6  *
7  * return the tuple (a,b)
8  * (FR— retourne le tuple (a,b))
9  */
10 std::tuple<float, float> generic_driver::calibrate(float* pval, float a,
11           float b)
```

Cette fonctionnalité est cruciale car elle permet d'améliorer la précision des mesures de température en corrigeant les écarts éventuels du neOSensor. Cela garantit des données plus fiables et précises pour les utilisateurs. La calibration ne se fera qu'une seule fois dans la partie setup donc a et b resteront fixes par la suite.

Objectif 3 : Intégrer un mécanisme de déclenchement du mode calibration

Pour déclencher le mode de calibration j'ai développé cette fonction (avec traduction) :

```

1 // —— CALIBRATION switch management ———
2 // (FR— gestion des boutons de la CALIBRATION)
3
4 /* check incr switch and decr switch for CALIBRATION procedure
5  * (FR— vérifie les boutons incrementation "+" et décrementation "-" pour la
6  * procédure de CALIBRATION)
7  * if decr_sw_pin == -1 OR incr_sw_pin == -1 —> check disabled
8  * (FR— si un des boutons est indisponible alors on annule la fonction)
9 */
bool checkCALIBRATIONswitch(uint8_t decr_sw_pin, uint8_t incr_sw_pin)
```

Ce mécanisme permet une interface conviviale pour l'utilisateur, lui permettant d'activer facilement le mode calibration. Cela simplifie l'utilisation du système et améliore l'expérience utilisateur.

5.2 Description technique

Dans cette section, nous allons décrire en détail le mode de calibration développé, mettant en évidence ses fonctionnalités et comment il répond aux objectifs initiaux du projet.

Mode de calibration du neOSensor

Le mode de calibration du neOSensor est une fonctionnalité clé développée pour corriger les écarts potentiels dans les mesures de température du capteur. Cette fonctionnalité répond spécifiquement à l'Objectif 2 du projet en fournissant un mécanisme pour ajuster les coefficients a et b de l'équation de calibration, améliorant ainsi la précision des mesures.

Fonctionnalités clés :

- Correction des écarts de température :** Le mode de calibration permet à l'utilisateur de corriger les écarts de température détectés dans les mesures du neOSensor. En ajustant les coefficients a et b de l'équation de calibration, les mesures peuvent être calibrées pour correspondre à des valeurs plus précises.
- Interface utilisateur conviviale :** Une interface utilisateur simple et intuitive est fournie pour permettre à l'utilisateur d'activer facilement le mode de calibration. Les boutons d'incrémentation et de décrémentation sont utilisés pour ajuster les valeurs des coefficients de calibration, offrant ainsi un contrôle précis sur le processus de calibration.

Réponse aux objectifs initiaux :

En développant le mode de calibration du neOSensor, j'ai répondu aux objectifs du projet en fournissant une fonctionnalité pour corriger les écarts de température du capteur. Ce mode permet aux utilisateurs d'améliorer la précision des mesures de température en ajustant les coefficients de calibration selon leurs besoins spécifiques.

Voici un diagramme (Figure 17) que j'ai réalisé pour aider à comprendre ce que fait réellement le code que j'ai produit :

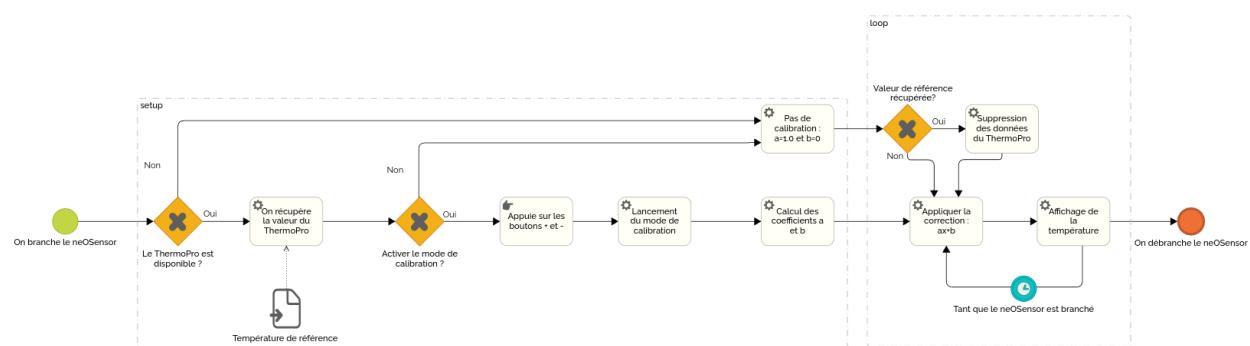


FIGURE 17 – Diagramme BPMN (Pour une visualisation complète, cliquez ici.)

Exemple d'utilisation :

Pour illustrer le fonctionnement du mode de calibration, considérons un scénario où un utilisateur constate un écart de température constant de $+0.7^{\circ}\text{C}$ dans les mesures du neOSensor (Figure 18). Il va alors le redémarrer en le rebranchant.

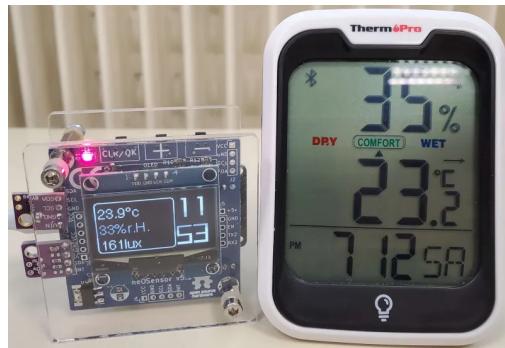


FIGURE 18 – Avant activation du mode calibration

Lors du setup, le neOSensor cherche le ThermoPro aux alentours et récupère sa valeur de référence (Figure 19). L'utilisateur active ensuite le mode calibration en appuyant simultanément sur + et - pendant 5 secondes (Figure 20).

```
[generic_drivers] BLE Value :23.20
```

FIGURE 19 – Affichage de la valeur du ThermoPro sur le Serial Monitor

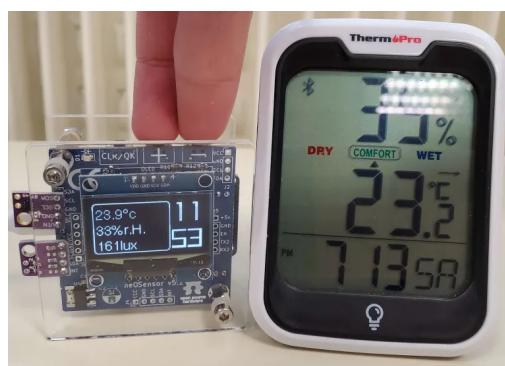


FIGURE 20 – Activation du mode calibration

Le neOSensor termine son setup puis ajuste ses coefficients a et b de manière appropriée pour compenser cet écart, garantissant ainsi des mesures de température plus précises à l'avenir. La valeur est maintenant corrigée (Figure 21).

En conclusion, le mode de calibration du neOSensor offre une solution efficace pour corriger les écarts de température et améliorer la précision des mesures. Il répond donc aux objectifs fixés.

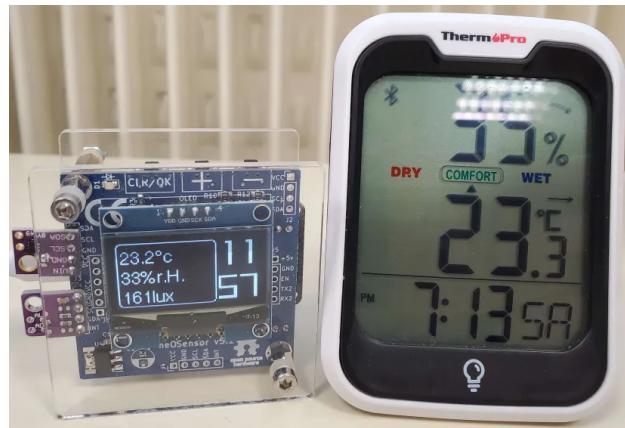


FIGURE 21 – Après activation du mode calibration

5.3 Perspectives du stage

Dans cette section, nous explorerons les utilisations réelles du travail réalisé durant ce stage, ainsi que les évolutions possibles du contenu développé.

Utilisations réelles

Le travail réalisé durant ce stage offre plusieurs possibilités d'utilisation dans divers contextes. Voici un exemple concret :

- **Intégration dans des dispositifs de surveillance environnementale :**

Les neOSensors sont utilisés sur le terrain d'expérimentation neOCampus. Notamment dans les divers bâtiments de l'UT3. En fournissant une méthode de calibration précise, le neOSensor pourrait améliorer la précision des mesures et alors contribuer à créer des environnements intérieurs plus confortables et économies en énergie.

Évolutions possibles

Il serait possible d'ajouter des fonctionnalités supplémentaires au mode de calibration du neOSensor. En effet, au cours du stage, nous avons remarqué que le capteur de température est positionné trop près du neOSensor, ce qui entraîne une influence sur les mesures de température enregistrées en raison de la conduction thermique entre les deux appareils. Une des évolutions possibles consisterait à chercher des solutions pour remédier à ce problème. Une autre option pourrait être ajoutée comme par exemple permettre aux utilisateurs de rentrer manuellement la valeur de la température de référence depuis une application sur téléphone. Cette fonctionnalité offrirait une plus grande flexibilité et accessibilité dans le processus de calibration.

6 Bilans

6.1 Technique

6.1.1 Ce qui est fait / ce qui reste à faire

Dans le cadre de mon stage, plusieurs objectifs ont été énoncés au début de mon projet. Ces objectifs ont servi de guide pour orienter mes efforts et mes réalisations. Voici une évaluation de la manière dont ces objectifs ont été atteints, ainsi qu'une quantification du travail réalisé en matière de lignes de code.

Objectif 1 : Choisir une solution de communication entre le capteur de référence et le neOSensor - 100%

J'ai réussi à acquérir la température du capteur ThermoPro depuis le neOSensor. Cette valeur s'enregistre et est utilisée par la suite. Cet Objectif est atteint à 100% !

Objectif 2 : Développer la fonctionnalité permettant d'utiliser la valeur de référence pour corriger la température mesurée par le neOSensor - 100%

La correction de la température du neOSensor fonctionne. Après avoir récupéré la température de référence, le neOSensor modifie sa propre valeur afin de se corriger. Le mode de calibration fonctionne. Cet Objectif est atteint à 100% !

Objectif 3 : Intégrer un mécanisme de déclenchement du mode calibration - 100%

À l'appui simultané des boutons + et -, le mode de calibration se lance. Cet Objectif est atteint à 100% !

En termes de quantification du travail, j'ai écrit environ 550 lignes de code au total pour l'ensemble des fonctionnalités développées et des intégrations effectuées. Cette quantité de code reflète l'effort conséquent investi dans la réalisation des objectifs énoncés. De plus, pendant le processus de développement, j'ai effectué 700 ajouts et 150 suppressions de lignes dans le code source, ce qui illustre les modifications et les améliorations apportées au projet au fil du temps.

En conclusion, je suis satisfaite de l'atteinte de tous les objectifs fixés initialement pour ce projet. Le travail accompli démontre ma capacité à répondre aux exigences techniques du projet et à livrer des solutions fonctionnelles dans les délais impartis.

6.1.2 Efficacité, impact réel du produit Humain

Les neOSensors utilisant les capteurs SHT3x et SHT2x avaient entre 2.0°C et 3.0°C avant la calibration. Maintenant l'écart avec la température ne dépasse pas 0.6°C

Gain de précision et d'efficacité : En calibrant le neOSensor à l'aide du capteur de référence "ThermoPro", vous améliorez la précision des mesures de température. Cela permettra aux utilisateurs de bénéficier de données plus fiables et précises sur les paramètres environnementaux surveillés, ce qui peut conduire à des décisions plus informées et à une meilleure gestion des ressources.

Économies financières : La calibration permet l'utilisation des capteurs SHT3x et SHT2x, qui sont moins onéreux et ce qui peut potentiellement réduire les coûts pour les utilisateurs.

6.2 Gestion de Projet

6.2.1 Planification réelle, chiffrage du coût du projet en heures

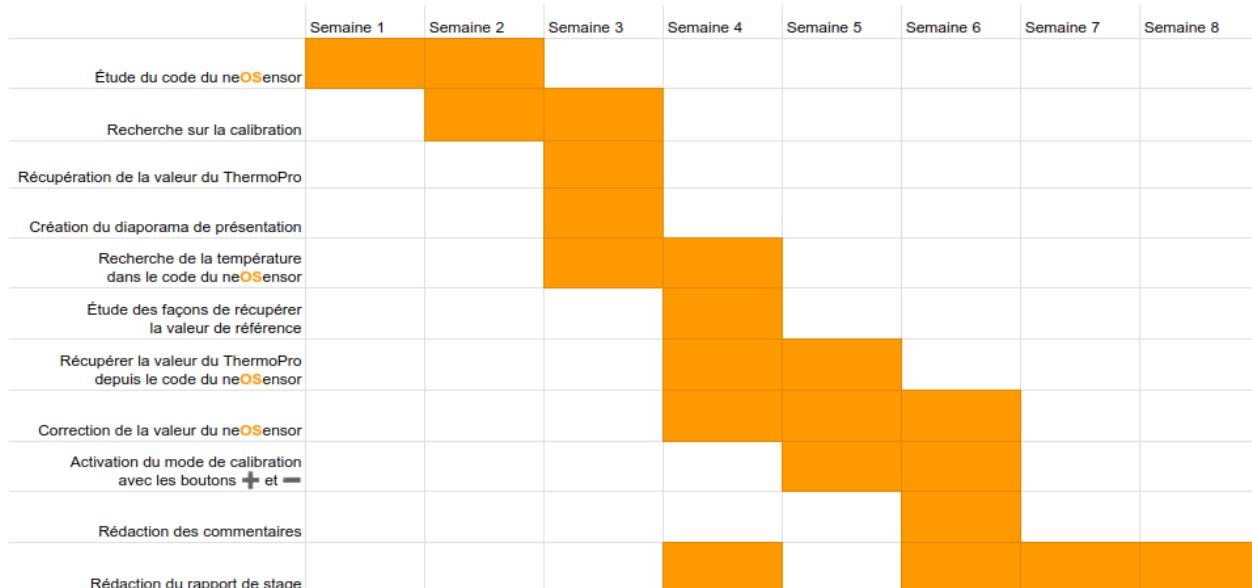


FIGURE 22 – Planification réelle

Au cours des premières semaines, j'ai consacré du temps à l'étude approfondie du code du neOSensor, ce qui m'a permis d'acquérir une compréhension solide de sa structure et de son fonctionnement (Figure 22).

Par la suite, j'ai entrepris une recherche approfondie sur la calibration, un aspect central de mon projet. Cette phase de recherche, réalisée lors des semaines 2 et 3, m'a permis d'explorer diverses méthodes et techniques pour calibrer les capteurs environnementaux.

En parallèle, j'ai réussi à récupérer avec succès la valeur du ThermoPro, un capteur de référence indispensable à la calibration, dès la semaine 3, à l'aide du code de Marie.

En semaine 3, j'ai consacré du temps à la création d'un diaporama de présentation de mon stage. En effet j'ai présenté mon stage à l'oral lors d'une réunion neOCampus.

Dès la semaine 3 et jusqu'à la semaine 4, j'ai continué à explorer le code du neOSensor pour localiser la température et étudier les différentes manières de la modifier. Cette phase a été essentielle pour le développement ultérieur du mode de calibration.

En semaine 4 et 5 j'ai travaillé sur la récupération de la température de référence depuis le code du neOSensor et sur la correction en elle-même.

J'ai ensuite travaillé sur l'activation du mode de calibration à l'aide des boutons + et -, ce qui a été réalisé avec succès au cours des semaines 5 et 6.

Enfin, les semaines 6 à 8 ont été dédiées à la rédaction des commentaires et du rapport de stage, ce qui a permis de consolider et de documenter l'ensemble du travail accompli durant cette période.

Pour concevoir et mettre en œuvre le mode de calibration, j'ai investi 6 semaines intensives sur une période de 8 semaines, travaillant quotidiennement pendant 7 heures, de 9h à 17h. En parallèle, j'ai également consacré deux semaines complètes à la rédaction du rapport de stage, en ajoutant un peu de travail de rédaction tout au long des 6 premières semaines. En accumulant ces heures, cela représente un total de 280 heures de travail.

6.2.2 Relations humaines au sein du stage

Au sein de l'Amilab, la communication a été un élément central de notre collaboration. Bien que nous ayons travaillé sur des sujets différents, la proximité physique de nos bureaux a favorisé des échanges réguliers et spontanés. Cette proximité a créé un environnement propice à l'entraide et à la collaboration.

Quant à mon rôle au sein de l'équipe, je n'avais pas de fonction spécifique définie. Chacun d'entre nous était concentré sur son propre projet, mais cela n'a pas empêché une collaboration étroite lorsque cela était nécessaire. Nous étions prêts à partager nos connaissances et à offrir notre aide aux autres membres de l'équipe.

Mon maître de stage a joué un rôle crucial en m'aidant à comprendre les objectifs du stage. Ses conseils et son soutien m'ont permis de rester sur la bonne voie tout au long du projet.

Si je devais refaire cette expérience, je maintiendrais certainement une approche similaire en termes de communication et de collaboration. La proximité physique avec mes collègues a grandement facilité les échanges et l'entraide. De plus, je continuerais à solliciter l'aide et les conseils de mon maître de stage et des autres membres de l'Amilab, car leur contribution a été inestimable pour la réussite de mon projet.

6.3 Personnel

6.3.1 L'apport du stage pour moi

Ce stage a été une expérience extrêmement enrichissante qui m'a permis de consolider mes connaissances et d'acquérir de nouvelles compétences, notamment dans le domaine du développement, de la gestion de projet et de la communication.

Bien que nous ayons abordé quelques bases de C++ en IoT, ces connaissances étaient limitées et ne constituaient qu'une introduction aux principes fondamentaux. Les projets sur lesquels nous avons travaillé au cours de notre formation étaient souvent de petite envergure et n'avaient pas la complexité du projet du neOSensor.

Ce stage m'a offert l'opportunité de mettre en pratique ces connaissances théoriques dans un environnement professionnel réel. J'ai pu voir comment les concepts étudiés en classe s'appliquent dans le monde professionnel, ce qui m'a permis de consolider ma compréhension et d'acquérir une expérience précieuse.

Pendant le stage, j'ai pu perfectionner mes compétences techniques dans des domaines tels que la programmation en C++.

Le stage m'a également permis de découvrir de nouvelles technologies et méthodes de travail. Par exemple, j'ai eu l'occasion d'apprendre à utiliser LaTeX et d'explorer de nouvelles approches de développement et de gestion de projet.

En travaillant sur ce projet, j'ai appris à planifier et à organiser efficacement mon travail et à respecter les délais et les objectifs fixés.

Enfin, le stage m'a permis de développer mon savoir-être professionnel. J'ai appris à communiquer de manière efficace avec mes collègues et mes supérieurs, à faire preuve d'autonomie et de responsabilité dans mon travail, et à m'adapter rapidement à de nouvelles situations et à des environnements de travail variés.

Ce stage a été une expérience extrêmement bénéfique qui m'a permis de combiner les connaissances théoriques acquises au cours de mon cursus universitaire avec une expérience pratique en milieu professionnel.

6.3.2 Mon apport dans le stage

Pendant le stage, j'ai apporté à l'entreprise un ensemble de compétences techniques, de savoir-être et de personnalité qui m'ont permis de contribuer de manière significative aux projets sur lesquels j'ai travaillé.

Ma personnalité dynamique m'a permise de m'intégrer rapidement à l'équipe et de contribuer positivement à l'atmosphère de travail. J'ai fait preuve d'initiative en proposant de nouvelles idées et en cherchant activement des solutions aux problèmes rencontrés, notamment au début de mon stage.

Conclusion

Durant ce stage chez neOCampus, j'ai pu acquérir des compétences techniques précieuses, notamment en IoT et en développement en C++, tout en réalisant avec succès la calibration des neOSensors. La collaboration avec mes collègues et le soutien de mon maître de stage ont également été des éléments clés de cette expérience.

Si je devais refaire ce stage, je choisirais certainement la même méthode et les mêmes choix. La démarche adoptée s'est révélée efficace, et les résultats obtenus ont été satisfaisants.

Globalement, ce stage a été une expérience très enrichissante. J'ai non seulement pu atteindre mes objectifs initiaux, mais j'ai également développé une passion pour le domaine de l'embarqué. Cette expérience m'a permis de confirmer mes aspirations professionnelles et m'a donné une vision plus claire de ma future carrière.

Pour l'avenir, je suis enthousiaste à l'idée d'explorer davantage les opportunités dans le domaine de l'informatique embarquée. Je suis reconnaissante envers neOCampus pour cette expérience stimulante et je suis impatiente de poursuivre mon parcours professionnel, en mettant à profit les compétences et les connaissances acquises durant ce stage.

Lexique

Amilab Bureau de l'unité opérationnelle de neOCampus. 2, 10, 11, 21

BLE Le Bluetooth Low Energy est une technologie de communication sans fil conçue pour les appareils à faible consommation d'énergie, tels que les capteurs.. 12–14

BPMN Business Process Model and Notation

C'est une méthode qui modélise les étapes d'un processus. 16, 25

BUT Bachelor Universitaire de Technologie. 2

BUT2 Deuxième année de BUT. 11

CNRS Centre National de la Recherche Scientifique. 3

ESP32 L'ESP32 est un microcontrôleur à faible consommation d'énergie et à faible coût produit par Espressif Systems. Il est largement utilisé dans de nombreux projets IoT. 12

GIS Groupement d'Intérêts Scientifique. 2, 5, 6

IDE Environnement de Développement Intégré. 8, 12

INP Institut National Polytechnique. 3

IoT Internet of Things ou Internet des Objets. 2, 5, 12, 22, 23

IRIT Institut de Recherche en Informatique de Toulouse. 2–5, 11

IUT Institut Universitaire de Technologie. 2

LaTeX C'est un système de composition de documents. 22

M2 Seconde année de Master. 10

MQTT Message Queuing Telemetry Transport

C'est un protocole réseau léger de publication-abonnement qui transporte les messages entre les appareils. 13

SMAC Systèmes Multi-Agents Coopératif.

C'est une équipe du département Intelligence Collective, Interaction (ICI) de l'IRIT. 4, 11

UMR Unité Mixte de Recherche. 3

URA Unité de Recherche Associée. 3

UT1 Université Toulouse 1 - Capitole. 3

UT3 Université Toulouse 3 - Paul-Sabatier. 3, 18

Table Illustrations

1	Logo de l'IRIT	3
2	Localisation de l'IRIT	3
3	IRIT	3
4	Organigramme de l'IRIT	4
5	Étage 3, Batiment 2 - IRIT	5
6	Logo de neOCampus	5
7	Droïde Athos #3 et moi	6
8	Navette autoOCampus	6
9	Organigramme de neOCampus	6
10	MCP9808	7
11	SCD4x	7
12	SHT3x	7
13	SHT2x	7
14	Le neOSensor et le capteur de référence (ThermoPro)	8
15	Diagramme des Classes du code du neOSensor	9
16	Équipe de l'Amilab	10
17	Diagramme BPMN (Pour une visualisation complète, cliquez ici.)	16
18	Avant activation du mode calibration	17
19	Affichage de la valeur du ThermoPro sur le Serial Monitor	17
20	Activation du mode calibration	17
21	Après activation du mode calibration	18
22	Planification réelle	20

Résumé

Pendant mon stage de 8 semaines à l'IRIT, au sein de neOCampus situé sur le campus de l'Université Paul Sabatier à Toulouse, j'ai eu l'opportunité de travailler sur le développement d'un mode de calibration de température pour les neOSensors. Ces capteurs de paramètres ambients sont fabriqués par neOCampus et destinés à la collecte de données environnementales. Cette expérience m'a permis de me familiariser avec le langage C++.

Initialement, j'ai entrepris de comprendre le code du neosensor, ce qui m'a ensuite permis de débuter le travail sur le mode de calibration. L'objectif de ce mode était de corriger les valeurs mesurées par le neOSensor en utilisant les données d'un capteur de référence, le ThermoPro, et en calculant les coefficients nécessaires à cette correction. Ce mode pouvait être activé par l'appui simultané des boutons + et -. Grâce à une bonne méthode de travail et à l'aide des membres de l'Amilab, les objectifs fixés pour mon stage ont été pleinement atteints.

Ce stage a été extrêmement enrichissant pour moi. Les défis rencontrés m'ont poussé à développer mon autonomie. Sur le plan technique, j'ai pu améliorer mes compétences en programmation C++. De plus, j'ai eu l'opportunité de découvrir et de travailler avec le langage Latex ainsi que d'explorer l'utilisation de GitLab.

Références

- [1] IRIT, “Irit : Institut de recherche en informatique de toulouse,” 2024.
- [2] IRIT, “Le groupement d’intérêt scientifique neocampus.”
- [3] neOCampus, “start [neocampus],” 2022.
- [4] “Arduino ide,” 2024.
- [5] Wikipédia, “Esp32,” 2024.
- [6] Futura, “Microprocesseur : qu’est-ce que c’est ?,” 2023.
- [7] C. Casteyde, “Le langage c++.”