



SMART CAMPUS

PROPOSITION D'UNE SOLUTION TECHNIQUE POUR UN
SYSTEME D'ACQUISITION
TEMPERATURE, QUALITE DE L'AIR ET HUMIDITE
ARNAUD MAZURIER, LUC LACOTTE, KEVIN SIMON, ADRIEN PANIS

Table des matières

Rappel du besoin	2
Critères	2
1 – Microcontrôleur	3
Orange Pi I96	3
Raspberry Pi Pico W	3
Arduino Uno A000066	3
Teensy 4.0	4
Comparaison	4
2 – Capteur de température	5
3 – Capteur de CO ₂	6
4 – Capteur d’humidité	7
5 – Composant d’affichage	8
6 – Solutions envisageables	9
La plus simple à installer	9
La plus abordable	9
La plus compacte	10
Compromis	10
Conclusion	11

Rappel du besoin

Dans le cadre du projet de situation d'apprentissage et d'évaluation multidisciplinaire de développement d'application proposé par SMART CAMPUS, nous cherchons à améliorer la sobriété énergétique au sein de l'Institut Universitaire Technologique de La Rochelle.

Dans ce but, la demande cliente est la création d'une application web répertoriant les données concernant le microclimat des salles des bâtiments de l'IUT. Cela dans le but d'alerter les usagers lorsque les conditions de vie deviennent inconfortables ou dangereuses et lorsque la consommation électrique peut être réduite.

Ce dossier d'étude concerne la solution hardware des systèmes d'acquisitions que nous souhaitons placer dans chaque salle. Ceux-ci devront donc récupérer la température, l'humidité et la qualité de l'air (quantité de CO₂) puis envoyer ces informations à la base de données du projet.

Critères

Pour notre solution, nous avons choisi de prioriser une solution fiable, compacte, respectueuse de l'environnement, financièrement accessible et facilement installable.

La solution doit être respectueuse de l'environnement car le projet se place dans une démarche de développement durable et se veut à recherche de sobriété énergétique. Créer une application qui cherche à sensibiliser les usagers sur leur dépense énergétique mais qui consomme plus d'énergie que celle économisée serait contreproductive.

Elle doit aussi être compacte car elle pourrait être placée dans des espaces étroits tels que des bureaux ou des salles de stockage. De plus, une solution discrète paraît plus adaptée dans une salle de classe.

Le coût du produit est préférablement minimal car il doit pouvoir être reproduit et déployé dans chaque salle de l'IUT.

La solution doit être facilement installable pour diminuer la charge de travail du technicien durant l'installation.

Et enfin, les données fournies par le système d'acquisition doivent s'approcher de la réalité afin de permettre de faire l'objet d'une étude. Leur précision est importante car celles-ci fourniront des recommandations adaptées aux usagers sur les gestes à adopter pour améliorer les conditions de vie au sein des bâtiments équipés et pour limiter les dépenses énergétiques.

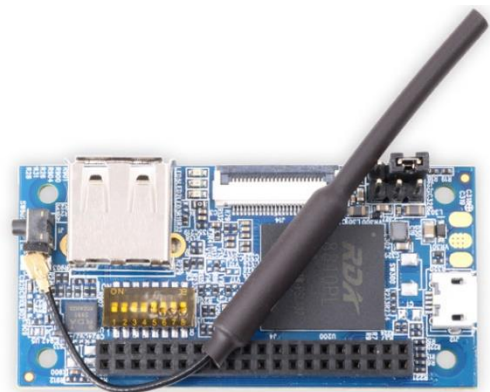
1 – Microcontrôleur

Le microcontrôleur est un ensemble de composants comprenant un processeur, une mémoire et des périphériques d'entrée et de sortie connectés sur une seule carte. Il permettra dans ce projet de récupérer les valeurs récoltées par les capteurs connectés, et de les envoyer à notre base de données.

Les critères importants à observer sur le microcontrôleur utilisé sur ce projet sont les interfaces de communication disponibles, la consommation électrique, l'accessibilité WiFi et le prix d'achat.

Orange Pi I96

L'orange Pi I96 est mini-ordinateur complet extrêmement compacte et ouvert à la communauté. Il utilise un processeur RDA8810PL et possède une mémoire vive de 256Mo. Plusieurs systèmes d'exploitation sont installables tel que Android, Ubuntu ou encore Debian. De plus, il est composé d'une carte réseau permettant une connexion WiFi 2,4 GHz. Il possède 2 ports USB, 3 ports UART, 3 ports i²C, 4 ports ADC et 3 ports SPI. Enfin, Il nécessite une alimentation en USB de 4,3 V. Il est disponible en ligne pour 24,50€



Raspberry Pi Pico W

Le Raspberry Pi Pico W est un mini-ordinateur utilisant le microcontrôleur RP2040 programmable en C, C++ et en Micro-Python. Il possède 24 interfaces I²C, 10 ports UART, 5 ports ADC et 20 ports SPI combinés. Il possède aussi 264Ko de mémoire vive et un stockage flash de 2Mo. Son alimentation demande une connexion en micro-USB de 5V.

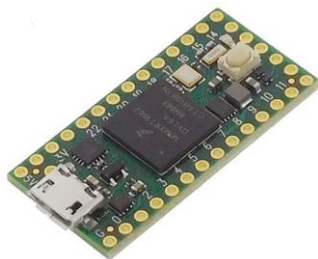
La version W du Raspberry Pi Pico permet une configuration WiFi 2,4 GHz et une connexion en Bluetooth 5.2. il est achetable en ligne pour la modique somme de 7,20€

Arduino Uno A000066

L'Arduino Uno A000066 est une carte basée sur l'ATmega328, c'est la plus simple et la plus économique carte à microcontrôleur d'Arduino. Elle possède une mémoire vive de 2Ko et une mémoire flash de 32Ko. Elle se programme à l'aide du logiciel Arduino. En plus de 14 broches d'entrée/sortie et 6 entrée analogiques, des interfaces I²C, et SPI sont disponibles. Son alimentation s'effectue via le port USB ou le connecteur d'alimentation 2.1x5.5 mm. Cependant il ne possède pas d'interface réseau et nécessite donc un module spécifique. Pour ce dossier nous avons choisi de l'associer avec le module WiFi ESP-01 qui permet d'accéder au WiFi 2,4GHz et au Bluetooth 5,2. Le tout s'obtient pour 36,80€.



Teensy 4.0



La Teensy 4.0 est basée sur un puissant microprocesseur ARM Cortex M7. Sa mémoire vive est de 1Mo et possède une mémoire flash de 2 Mo. Ce module se programme via son port micro-USB (cordon non inclus) avec le logiciel Arduino. Tout comme les précédents produits, elle possède des interfaces I²C (5), UART (9), ADC (2) et SPI (4). Elle s'alimente à l'aide de son port micro USB 5V. Comme l'Arduino Uno présenté ci-dessus elle nécessite un module WiFi. Associé au module WiFi ESP-01 pour palier ses faiblesses, elle coute 36,70€

Comparaison

Nom	Interfaces disponibles	Consommation électrique ¹	WiFi	Prix	Lien(s)
Orange Pi I96	3xI ² C ; 3xUART ; 4xADC ; 3xSPI	0,65-1,3W	2,4GHz	24,5€	ElectroProto Orange Pi
Raspberry Pi Pico W	24xI ² C ; 10xUART ; 5xADC ; 20xSPI	< 0.275W	2,4GHz	7,20€	Raspberry Pi Kubii
Arduino Uno R3	2xI ² C ; 2xUART ; 2xSPI	< 0.336W	Non	23,90€	GoTronic Arduino
Arduino Uno R3 avec un module WiFi ESP-0	2xI ² C ; 2xUART ; 2xSPI	< 0.336W	2,4GHz	36,8€	GoTronic
Teensy 4.0	5xI ² C ; 9xUART ; 2xADC ; 4xSPI	~ 0.5W	Non	23,80€	PJRC
Teensy 4.0 avec un module WiFi ESP-0	5xI ² C ; 9xUART ; 2xADC ; 4xSPI	~ 0.5W	2,4GHz	36,70€	GoTronic

¹ Ces valeurs ne sont pas officielles ; Elles ont été calculées à l'aide des valeurs de tension et d'intensité maximales données dans les documentations ou alors sont issues des expérimentations d'autres utilisateurs du produit. De plus, cette valeur est sujet aux variations dû à son utilisation

2 – Capteur de température

Un capteur de température est un composant électronique permettant comme son nom l'indique de mesurer la température au moyen d'un signal électrique. Dans la démarche Smart Campus, ce capteur permet de connaître la température d'une salle et permet au serveur principal d'agir en conséquence en envoyant une alerte aux usagers.

Les critères à regarder pour les capteurs de températures sont la plage de mesure, la précision, le type d'interface de communication et le nombre de pins nécessaires.

Après quelques recherches, nous avons retenu 4 options :

Nom	Interface	Voltage	Nombre de pins	Plage de mesure	Précision	Prix	Lien(s)
MCP9808	I2C	2.7V – 5.5V	3	-40°C – 125°C	±0.0625°C	5.94€	Semageek
TMP36	Analogique	2.7V – 5.5V	3	-40°C – 125°C	±1°C	2.50€	GoTronic
TCN75AVUA	I2C	2.7V – 5.5V	8	-55°C – 125°C	±0.5°C	0.62€	Avnet
LM35DZ	Analogique	4V – 20V	3	0°C – 100°C	±0.5°C	3.95€	GoTronic

Il existe aussi des capteurs permettant de réaliser des mesures pour plusieurs domaines tels que l'humidité et le CO₂. Nous en avons plusieurs qui permettent cela, deux des capteurs suivants mesurent la température et l'humidité et un autre mesure la température, l'humidité et le CO₂.

Nom	Interface	Voltage	Nombre de pins	Plage de mesure	Précision	Prix	Autres mesures	Lien(s)
SHT31 SENO0334	I2C	2.15V – 5.5V	4	-40°C – 125°C	±0.2°C	11.60€	Humidité	GoTronic
SHT30 DFR0588	2x Analogique	3.3V – 5V	4	-40°C – 125°C	±0.2°C	8.20€	Humidité	GoTronic
RH 101020634	I2C	3.3V – 5V	4	-40°C – 120°C	±0.5°C	75.80€	Humidité & CO ₂	GoTronic

Pour ce type de capteur hybride, nous nous concentrons pour le moment uniquement sur les valeurs du capteur de température, nous allons aborder les spécificités des autres capteurs dans leur parties respectives.

3 – Capteur de CO₂

Un capteur de CO₂ est un capteur qui permet de mesurer la quantité de CO₂ dans l'air. Cette mesure est importante pour surveiller la qualité de l'air dans des locaux. Dans la démarche Smart Campus, l'objectif est que les utilisateurs d'une salle ne trouvent pas en situation d'inconfort car une forte présence de CO₂ provoque une sensation d'inconfort et peut affecter la santé des personnes présentes.

Les critères à regarder pour ce type de capteur sont la plage de mesure, la précision, le type de l'interface de communication et le nombre de pins nécessaires.

Au niveau de la plage de mesure nous recherchons un capteur pouvant capter de 400ppm à 2500+ ppm car entre 440ppm et 1000ppm les utilisateurs seront en situation de confort alors qu'à 2000+ ppm il faut impérativement aérer la pièce car les utilisateurs sont dans un milieu à risque et qui plus est provoque d'hypoxie.

Après quelques recherches voici les différents capteurs retenus :

Nom	Interface	Voltage	Nombre de pins	Plage de mesure	Précision	Prix	Lien(s)
ENS160 SEN0514	I2C (SPI possible)	3.3V – 5V	4	400ppm – 65000ppm	1ppm	23.90€	GoTronic
PIM480	I2C	3.3V – 5V	5	400ppm – 60000ppm	15%	21.90€	GoTronic
SGP30 Grove 101020512	I2C	3.3V – 5V	4	400ppm – 60000ppm	1ppm ou 3ppm	19.30€	GoTronic
RH 101020634²	I2C	3.3V – 5V	4	400ppm – 10000ppm	30ppm	75.80€	GoTronic

² Il s'agit du capteur hybride qui possède, en plus du capteur de CO₂, un capteur de température et un capteur d'humidité.

4 – Capteur d'humidité

Un capteur d'humidité permet de mesurer le taux d'humidité d'un milieu. Dans notre projet, c'est l'air ambiant dans les salles de nos bâtiments qui nous intéresse. Cette valeur est utilisable pour prévenir les usagers des risques de moisissure ou de risque d'inconfort. En effet dans une salle où il fait plus de 20°C et plus de 70% d'humidité les risques de moisissure sont significatifs et en cas de forte chaleur et de forte humidité cela peut provoquer des désagréments.

Notre choix de capteur se basera sur la plage de valeur mesurable, la précision des mesures, le type de port utilisé, le nombre de pins nécessaires et le prix.

Les quatre capteurs sur lesquels nos recherches nous ont guidés sont les suivants :

Nom	Inter- face	Vol- tage	Nombre de pin	Plage de me- sure en %	Préci- sion en %	Autre mesure	Prix	Lien(s)
SHT31 SEN0334	I ² C	2,15V – 5,5V	4	0 – 100	+/- 2	Tempé- rature	11,60€	GoTronic
SHT30 DFR0588	2 Ana- logique	3,3V – 5V	4	0 – 100	+/- 3	Tempé- rature	8,20€	GoTronic
RS PRO	Analo- gique	1V	2	0 – 90	+/- 3	/	3,26€	RS
HDC3022- Q1	I ² C	1,62V – 5,5V	8	0 – 100	+/- 0,5	/	3,78€	Texas Instru- ment
RH 101020634	I ² C	3,3V – 5V	4	0 – 100	+/- 2	Tempé- rature et CO ₂	75,80€	GoTronic

5 – Composant d’affichage

Les composants d’affichages sont des composant qui permettent d’afficher des messages ou possèdent des écrans entiers. Dans ce projet, il n’est pas obligatoire d’en avoir un, cependant ils pourraient apporter une valeur supplémentaire au produit. Ils permettraient d’afficher les valeurs récupérées en temps réel et/ou un QR Code redirigeant vers l’URL du site du projet.

Les informations importantes pour ces composants sont le type d’affichage et le prix.

Nom	Interface	Voltage	Type	Prix	Lien(s)
LCD16X2I2C	I ² C	5V	Texte seulement	8,50€	GoTronic
AFFICHEUR LCD 2X16 I2C AVEC RETRO-ECLAIRAGE RGB - GROVE	I ² C	5V	Texte seulement	12,20€	Semageek
Module OLED 1,12" 128 x 128 V3	I ² C & SPI	3,3V - 5V	Monochrome Image possible	15,95€	GoTronic
Afficheur OLED 0,96" 128 x 64 Grove	I ² C & SPI	3,3V - 5V	Bleu et jaune Image possible	6,90€	GoTronic

6 – Solutions envisageables

Nous avons imaginé plusieurs modèles de solutions, une solution simple à installer, la solution la moins chère, la solution la plus compacte et un compromis.

La plus simple à installer

La solution la plus facile à installer doit être comme son nom l'indique simple pour le technicien. Cette solution se doit d'avoir le moins de branchements possibles. Ici la principale particularité est d'utiliser le capteur 3 en 1 de CO₂, température et humidité.

Composants :

- Microcontrôleur : [Raspberry Pi Pico W](#)
- Capteur : RH 101020634
- Prix : 83€

	Nom	Plage de mesure	Précision
Température	RH 101020634	-40°C – 120°C	±0.5°C
CO₂	RH 101020634	400ppm – 10000ppm	30ppm
Humidité	RH 101020634	0% – 100%	+/- 2%

Malgré le fait qu'il n'y ait qu'un seul capteur à connecter à la carte programmable, cette solution est assez chère.

La plus abordable

La solution la moins chère se doit d'être économe et utilise les capteurs les moins chers le plus souvent au détriment de leurs spécificités et qualités.

Composants :

- Carte programmable : [Raspberry Pi Pico W](#)
- Capteur température : TCN75AVUA
- Capteur CO₂ : SGP30 Grove 101020512
- Capteur humidité : RS PRO
- Prix : 30.38€

	Nom	Plage de mesure	Précision
Température	TCN75AVUA	-55°C – 125°C	±0.5°C
CO₂	SGP30 Grove 101020512	400ppm – 60000ppm	1ppm ou 3ppm
Humidité	RS PRO	0% – 90%	+/- 3%

Cette solution est certes peu chère, elle demeure préférable à d'autres. Le capteur de CO2 est très bien malgré qu'il soit le moins cher des capteurs CO2 de notre liste. Le capteur de température n'est pas très précis avec une précision de ±1°C ce qui est vraiment peu intéressant dans la démarche Smart Campus et le capteur d'humidité est moins intéressante de nos options même s'il propose une précision de mesure acceptable.

La plus compacte

La solution la plus compacte est la solution qui prendra le moins de place et sera plus discrète dans une salle.

Composants :

- Carte programmable : [Teensy 4.0](#)
- Capteur température : TMP36
- Capteur CO2 : PIM480
- Capteur humidité : RS PRO
- Prix : 64.36€

	Nom	Plage de mesure	Précision
Température	TMP36	-40°C – 125°C	±1°C
CO₂	PIM480	400ppm – 60000ppm	15%
Humidité	RS PRO	0% – 90%	+/- 3%

Cette solution n'est pas bonne du tout car le capteur de CO2 possède une marge d'erreur de 10% à 15% ce qui fait que pour 1000ppm, la valeur donnée peut varier entre 850ppm et 1250ppm ce qui n'est pas négligeable.

Compromis

Cette solution est un compromis qui selon nous est la meilleure option selon notre panel de composant. Elle reprend aussi des points positifs vu précédemment.

Composants :

- Carte programmable : [Raspberry Pi Pico W](#)
- Capteur température et humidité : SHT31 SEN0334
- Capteur CO2 : SGP30 Grove 101020512
- Prix : 38.10€

	Nom	Plage de mesure	Précision
Température	SHT31 SEN0334	-40°C – 125°C	±0.2°C
CO₂	SGP30 Grove 101020512	400ppm – 60000ppm	1ppm ou 3ppm
Humidité	SHT31 SEN0334	0% – 100%	+/- 2%

Cette solution est à la fois simple à installer et peu coûteuse avec 38.10€ ce qui se rapproche de l'option la moins chère possible. Elle est simple à installer car elle utilise un capteur hybride uniquement pour la température et l'humidité pour retirer une liaison supplémentaire à réaliser et les 2 capteurs inclus ont des plages de mesure cohérente et une précision qui est suffisamment précise pour le projet.

Conclusion

Pour conclure, en s'appuyant sur les [besoins pris en compte](#) et les [critères](#) sur lesquels nous avons choisi de mener cette étude, notre choix se pose sur la solution dite de « [compromis](#) » présentée plus tôt. Elle respecte les besoins, de plus elle permet de récupérer les données des salles et de les transférer sur le réseau grâce à son accès au WiFi.

Cette solution est aussi à la fois précise et respectueuse de l'environnement. Son coût, sans pour autant être minimal, est accessible (38,10€). Son installation est simplifiée car le nombre de capteur à brancher est réduit par rapport à d'autres solutions cependant il sera nécessaire de souder les composants.

Bien que ce ne soit pas obligatoire, nous recommandons d'y ajouter un [composant d'affichage](#) (l'Afficheur OLED 0,96" 128 x 64 Grove nous semble être le choix le plus adapté) pour permettre aux personnes présentes dans les salles d'obtenir des informations en temps réel sur place.