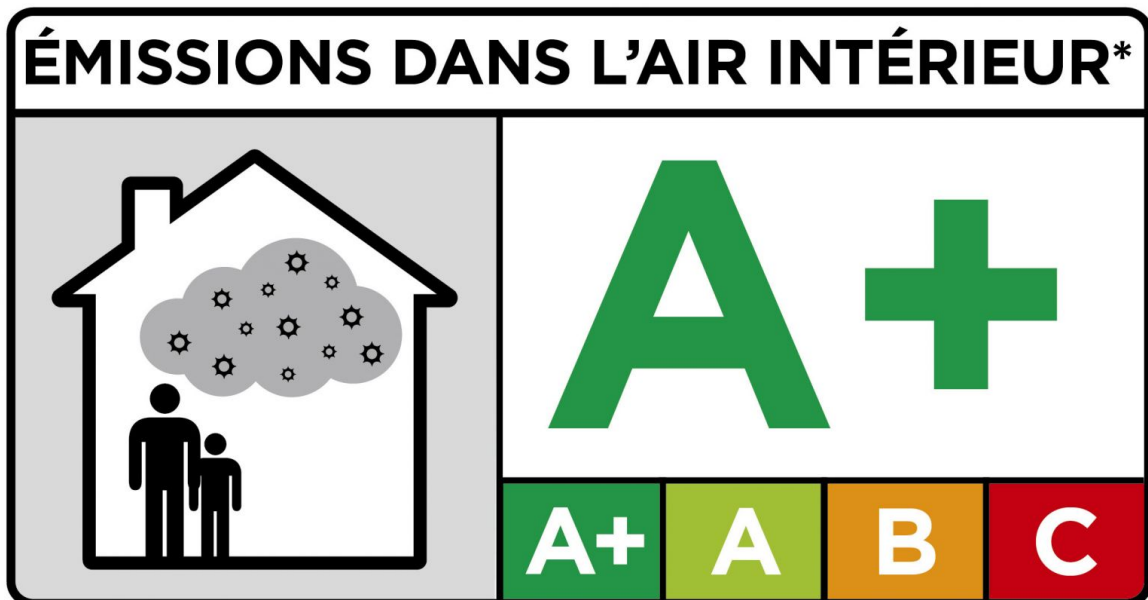


Microprojet smart home: Contrôle de la qualité de l'air



Sommaire :

1 Introduction

2 Récupération des données

3 Traitement des données

4 Algorithme de planification de la ventilation

5 Conclusion

6 Annexes

1 Introduction

En cette période de pandémie, on nous a beaucoup incité à ventiler notre air intérieur afin d'éviter la propagation du virus. En effet, une mauvaise ventilation permet au virus de s'accumuler et donc de contaminer plus facilement. Même en temps normal, il est important de conserver un air intérieur d'une bonne qualité pour éviter l'accumulation de composés nocifs comme les bactéries ou les moisissures. De plus, avoir une pièce bien ventilée permet de vivre dans un meilleur confort car par exemple une pièce trop humide est désagréable.

Ainsi, pour conserver un air agréable et sain, un bon contrôle de la ventilation est nécessaire. C'est dans cette optique là que s'inscrit notre projet.

Ainsi, après avoir étudié les données de la maison, nous avons remarqué des taux relativement élevés d'humidité et de CO₂, ce qui est signe d'une ventilation non optimale. L'objectif de ce projet est donc d'améliorer la qualité de l'air de la pièce en contrôlant l'humidité, la température et le taux de CO₂.

Comme l'humidité et la température sont liées entre elles, nous ne pouvons pas les traiter indépendamment. Conformément au diagramme de confort thermique, nous choisissons de rester dans la zone cible définie ci-dessous, pour laquelle le confort hygrothermique est le meilleur :

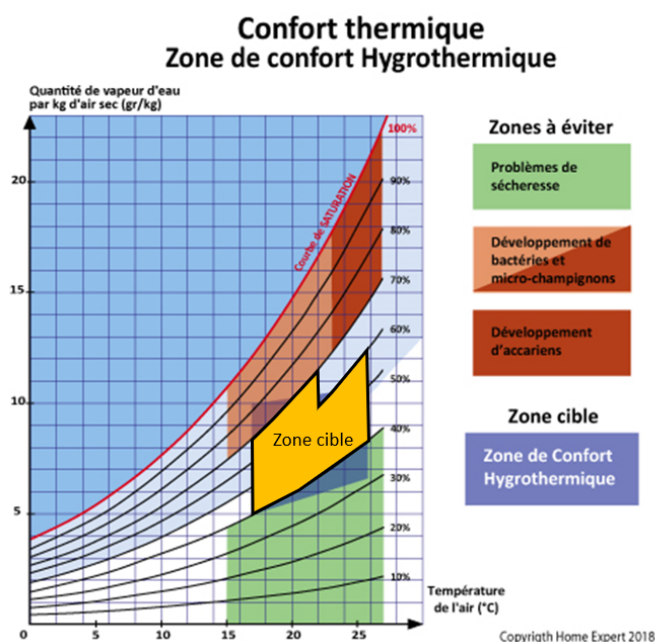


Figure 1: Définition des conditions de confort thermique

Pour le CO₂, le contrôle est plus simple car il suffit de limiter sa concentration. Compte tenu des effets potentiellement néfastes sur la santé pour une exposition à des concentrations de plus de 1100 ppm, nous avons choisi cette valeur comme valeur seuil.

Concentration	Effet sur l'homme - Seuil
380 - 480 ppm	Taux normal de l'atmosphère
600 - 800 ppm	Taux correct en lieux fermés
1000 - 1100 ppm	Taux tolérable en lieux fermés

Figure 2: Définitions des taux de CO₂ optimaux

2 Récupération des données

Dans cette partie, est présentée la façon dont les données utilisées dans ce projet ont été obtenues. Ces données viennent du projet Expe-smarthouse, un foyer où vivent 5 personnes, qui est équipée d'une grande variété de capteurs. L'ensemble des données récoltées est stocké sur une base de données utilisant InfluxDB, et visualisable avec le logiciel Grafana. Ces processus peuvent être expliqués de la manière suivante :

Etape de stockage :

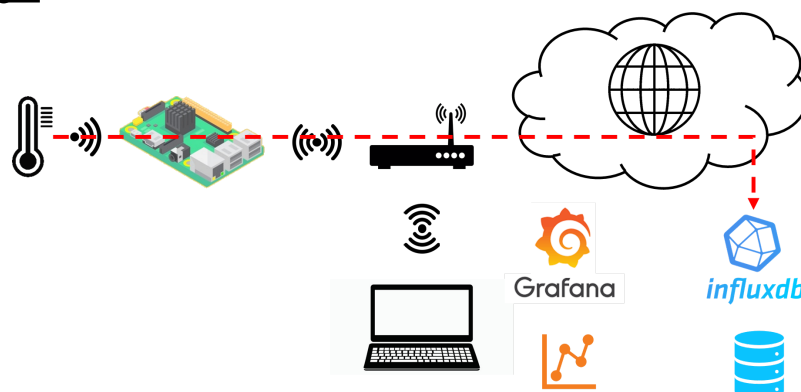


Figure 3: Schéma étape stockage

Le capteur récolte de la donnée qu'il fournit à la Raspberry Pi. Celle-ci a alors pour but de l'envoyer aux serveurs InfluxDB pour qu'elle soit stockée dans une base de données préalablement créée pour la Raspberry. Pour cela, la Raspberry Pi, connectée à un réseau internet, communique la donnée au routeur du même réseau. Ce dernier va transmettre la donnée sur le réseau internet (que l'on peut résumer à un ensemble de routeurs qui communiquent entre eux) qui va l'acheminer jusqu'au routeur des serveurs d'InfluxDB. Ces serveurs vont ensuite récolter cette donnée et la stocker dans la base de données portant le nom (l'adresse ip) de la Raspberry.

Etape de visualisation :

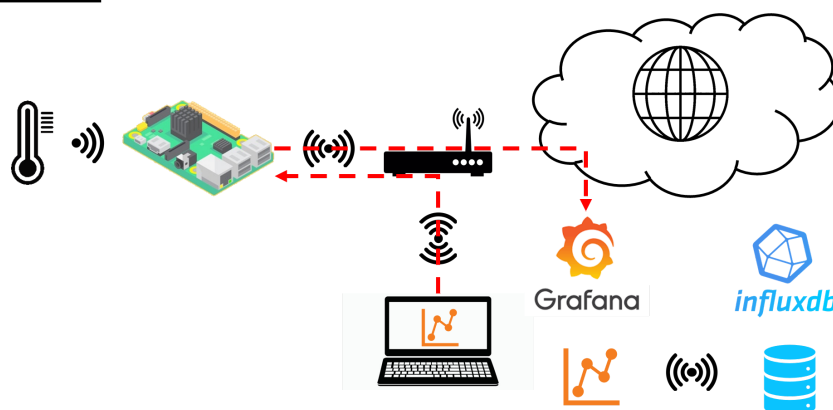


Figure 4: Schéma étape visualisation

En utilisant l'adresse ip d'une Raspberry Pi et en se connectant au même réseau internet, un ordinateur peut se connecter à celle-ci. Ici, la Raspberry communique avec les serveurs de Grafana via le système de routeurs que nous avons décrit précédemment. Grafana va récolter les données

présentes sur la base de données InfluxDB de la Raspberry, et les traiter pour les rendre visualisables. L'ordinateur a ainsi accès aux différentes données InfluxDB qu'il peut exporter.

Dans notre cas, nous devons récolter les données relatives au confort, c'est-à-dire l'humidité, la température et la concentration de CO2. Ces grandeurs physiques sont mesurées dans plusieurs pièces du logement ce qui peut donc amener à plusieurs analyses du confort. En raison du peu de temps consacré à ce projet d'analyse, nous avons fait le choix de nous focaliser sur la chambre 1. Cependant, le travail effectué peut aussi être utilisé dans les autres pièces du logement. Aussi, pour obtenir une quantité de données suffisante pour pouvoir développer notre programme sans toutefois avoir trop de données à gérer, nous avons choisi de travailler sur une plage de 10 jours. Comme la maison a tendance à être moins naturellement ventilée quand il fait froid, la plage de temps choisie est du 19 au 29 octobre.

Les données peuvent être récupérées au format csv via des requêtes SQL sur Python grâce à la librairie InfluxDB. Il suffit pour cela de fournir l'identifiant de la donnée désirée (consultable sur Grafana) et d'indiquer l'intervalle de temps d'étude comme ci-dessous:

```
'SELECT "value" FROM "jeedom"."autogen"."1392" WHERE time >= now()-90d AND time < now()-80d'
```

(Identifiant de la donnée, intervalle de temps, nom de la base de données)

Nous récupérons ainsi les données de CO2 (identifiant 5484 dans la base de données), d'humidité relative (identifiant 3918) et de température (identifiant 3917). Voici à quoi ressemblent ces données :



Figure 5: Données d'humidité sur la période du 19 au 29 octobre

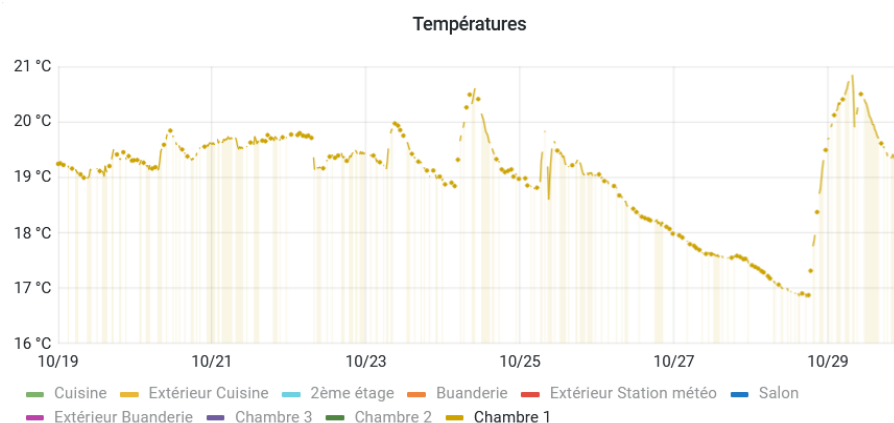


Figure 6: Données de température sur la période du 19 au 29 octobre

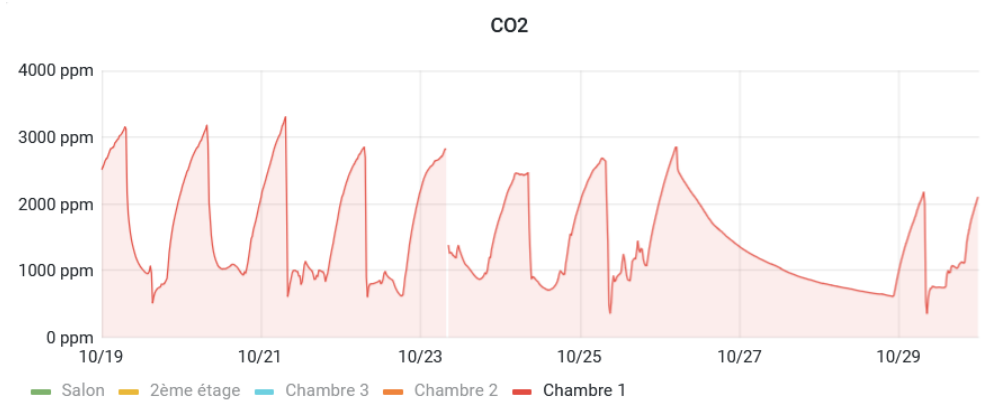


Figure 7: Données de CO2 sur la période du 19 au 29 octobre

3 Traitement des données

Une fois des csv avec les données utiles obtenues, nous avons été confrontés à un problème d'échantillonnage. En effet, comme les différents capteurs sollicités ne font pas des mesures à la même fréquence, nous ne pouvons pas directement utiliser les données, car pour se placer dans les conditions de confort hygrothermique présentées en introduction nous avons besoin des mesures de température et d'humidité en simultané. Il faut donc avoir une mesure de chaque grandeur physique au même instant. Cela n'étant pas le cas, nous allons le réaliser manuellement.

Pour cela, nous utilisons la librairie *pandas* particulièrement bien adaptée pour le traitement de données, et notamment la lecture de fichier csv. Après avoir récupéré les données csv et les avoir converti en Dataframe, nous définissons le **même format de date** pour tous les tableaux. Ainsi, les tableaux possèdent la même base de temps et sont donc **comparables**. On pourra donc réaliser une jointure de plusieurs tableaux sur la date : c'est-à-dire regrouper les données selon leur date dans un seul tableau. Ensuite, il fallait trouver un moyen de modifier les tableaux pour que deux grandeurs physiques aux instants de mesure similaire partagent la même date. Tout d'abord nous avons enlevé les secondes. De cette manière, deux grandeurs mesurées lors de la même minute (mais pas au même instant) partageront la même date. Ensuite, nous avons décidé d'interpoler nos données. Cette méthode consiste à rajouter artificiellement des points de mesure entre deux mesures éloignées. Cela permet ainsi de rajouter des points de mesure là où seule une grandeur physique aurait des mesures.

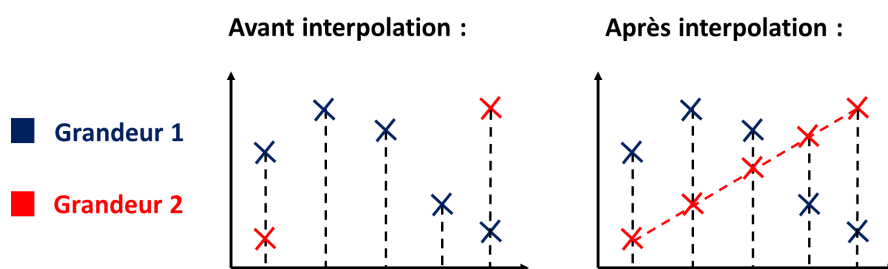


Figure 7: Schéma interpolation

Nous choisissons de réaliser une interpolation avec un pas de temps d'une minute. Ainsi, après ce procédé, nos tableaux contiennent des valeurs à chaque minute. Une autre étape aurait pu être ajoutée à celle-ci, consistant à définir une seule valeur lorsqu'il existe plusieurs valeurs mesurées dans la même minute. Une première idée consisterait simplement à faire la moyenne des valeurs possédant la même date (car les secondes ont précédemment été enlevées). Ici nous n'en avons pas l'utilité car la fréquence des capteurs est de plus d'une minute. Une jointure est alors réalisée sur la date des différents tableaux pour obtenir un tableau unique contenant toutes les données réelles avec celles artificiellement ajoutées.

	time	value		time	value
0	2021-10-19 14:12:00	19.20	0	2021-10-19 14:12:00	19.200000
1	2021-10-19 14:40:00	19.32	1	2021-10-19 14:13:00	19.204286
2	2021-10-19 15:17:00	19.42	2	2021-10-19 14:14:00	19.208571
3	2021-10-19 15:35:00	19.51	3	2021-10-19 14:15:00	19.212857
4	2021-10-19 16:29:00	19.41	4	2021-10-19 14:16:00	19.217143
	time	value		time	value
0	2021-10-19 13:44:00	65.17	0	2021-10-19 13:44:00	65.170000
1	2021-10-19 14:12:00	66.25	1	2021-10-19 13:45:00	65.208571
2	2021-10-19 14:40:00	66.81	2	2021-10-19 13:46:00	65.247143
3	2021-10-19 15:17:00	67.05	3	2021-10-19 13:47:00	65.285714
4	2021-10-19 15:35:00	66.94	4	2021-10-19 13:48:00	65.324286
	time	value		time	value
0	2021-10-19 13:30:00	488.0	0	2021-10-19 13:30:00	488.0
1	2021-10-19 13:31:00	484.0	1	2021-10-19 13:31:00	484.0
2	2021-10-19 13:32:00	486.0	2	2021-10-19 13:32:00	486.0
3	2021-10-19 13:33:00	482.0	3	2021-10-19 13:33:00	482.0
4	2021-10-19 13:34:00	507.0	4	2021-10-19 13:34:00	507.0

Figure 7: Données avant et après interpolation

	time	value_temperature	value_humidite	value_co2
0	2021-10-19 14:12:00	19.200000	66.250000	674.0
1	2021-10-19 14:13:00	19.204286	66.270000	680.0
2	2021-10-19 14:14:00	19.208571	66.290000	677.0
3	2021-10-19 14:15:00	19.212857	66.310000	680.0
4	2021-10-19 14:16:00	19.217143	66.330000	683.0
...	...	...	...	...
14376	2021-10-29 13:22:00	19.778462	65.887692	960.0
14377	2021-10-29 13:23:00	19.773846	65.890769	963.0
14378	2021-10-29 13:24:00	19.769231	65.893846	952.0
14379	2021-10-29 13:25:00	19.764615	65.896923	962.0
14380	2021-10-29 13:26:00	19.760000	65.900000	955.0

Figure 8: Données après jointure

4 Algorithme de planification de la ventilation

Une fois que les données sont utilisables, nous les soumettons à notre algorithme de planification de la ventilation. Cet algorithme suit la logique suivante : à chaque pas de temps, les données sont analysées puis si elles ne sont pas dans la zone de confort hygrothermique ou que le taux de CO₂ est trop élevé, une commande de ventilation adaptée est utilisée. Par souci de simplicité car le processus de ventilation est complexe, nous avons supposé que la réponse de notre ventilation était parfaite, c'est-à-dire que sa réponse est instantanée et qu'elle permet de toujours atteindre les taux spécifiés.

Voici les résultats obtenus avec l'utilisation de notre algorithme:

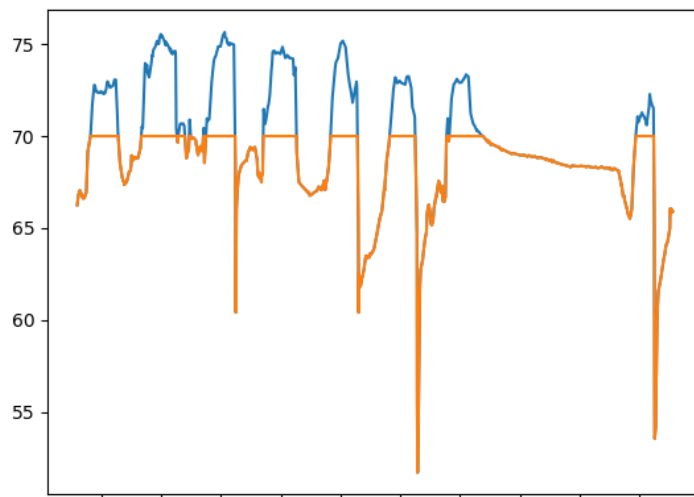


Figure 9: humidité relative en fonction du temps, avec en orange la correction apportée à la courbe bleue initiale

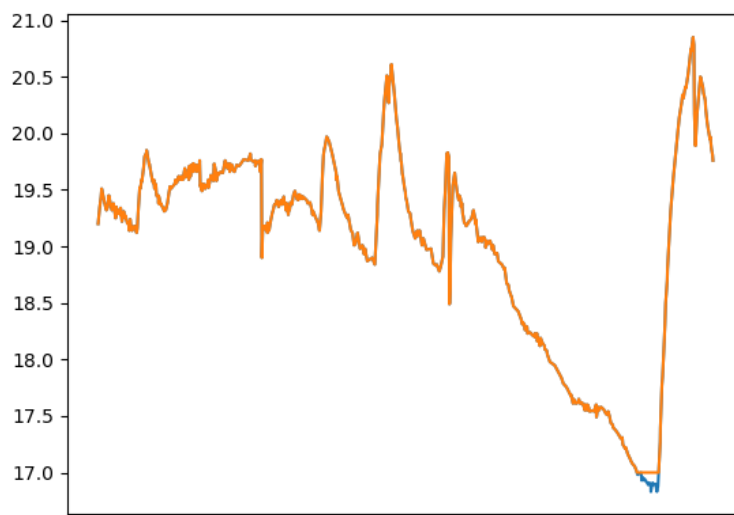


Figure 10: température en fonction du temps, avec en orange la correction apportée à la courbe bleue initiale

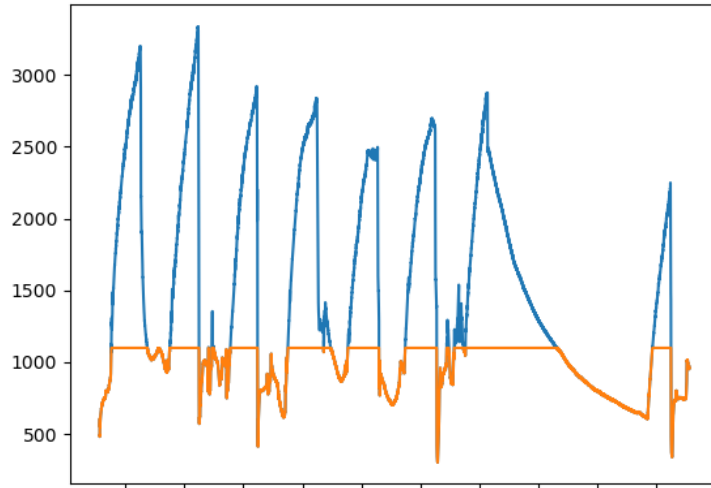


Figure 11: taux de CO2 (ppm) en fonction du temps, avec en orange la correction apportée à la courbe bleue initiale

Nous pouvons observer que notre algorithme fonctionne correctement car nous restons toujours dans la zone de confort thermique. De plus, on observe que cette amélioration de la ventilation fait sens car malgré le fait que le niveau de température est relativement bien géré, notre algorithme apporte une correction importante aux taux de CO2 et d'humidité.

5 Conclusion

Ce projet avait pour but d'apporter une amélioration à la maison Expe-smarthouse, qui est déjà bien contrôlée. Cependant, au vu des données, il est ressorti que la qualité de l'air pouvait être améliorée de façon significative. Nous nous sommes donc penchés sur le sujet de la ventilation et avons développé un algorithme permettant de contrôler efficacement la ventilation. Il se base sur la température, l'humidité relative et le taux de CO₂, et permet de conserver ces paramètres dans une plage de confort.

Ce projet a été développé sur des données d'une seule pièce mais peut tout à fait être applicable à une maison entière. Il est facilement imaginable d'améliorer l'algorithme proposé en prenant en compte la consommation électrique de cette ventilation ou de voir si la ventilation est aussi efficace que ce qui a été supposé en prenant regardant les conditions extérieures.

6 Annexes

Informations sur la concentration de CO2

<https://th-industrie.com/content/13-mesure-co2>

Zone de confort hygrothermique

<https://home-expert.fr/le-confort-hygrothermique/>