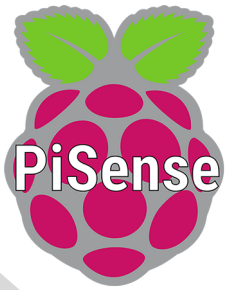
# Système modulable de prises de mesures environnementales sur Raspberry Pi avec système d'affichage

Rapport de travail de fin d'études - EPHEC

Melvin Campos Casares

Juin 2020



# Rapport de travail de fin d'études

# 1 Système modulable de prises de mesures environnementales sur Raspberry Pi avec système d'affichage

> ***Titre du travail de fin d'études :*** Système modulable de prises de mesures environnementales sur Raspberry Pi avec système d'affichage
>
> ***Nom temporaire prévu pour sa commercialisation :*** PiSense

## 1.1 Introduction

Nous vivons dans un monde en perpétuelle évolution où la technologie prend une place d'importance majeure. Les appareils connectés passent peu à peu d'une idée de conception à un produit se trouvant dans chaque foyer. Malheureusement, il est rare de trouver à l'heure actuelle une solution tout-en-un permettant de suivre les informations environnementales directement depuis une interface web simple et efficace.

Dans un désir de suivre les informations environnementales de mon espace de vie, j'ai pris contact avec plusieurs entreprises afin de voir le potentiel derrière ce projet.

Suite à des échanges avec plusieurs clients potentiels, ce travail de fin d'études s'est peu à peu dessiné. Une entreprise mettait en avant l'intérêt d'obtenir des données liées à la température, l'humidité et la qualité de l'air afin d'améliorer la productivité de leurs employés. Une autre mettait en avant la nécessité de suivre l'évolution de la présence d'un gaz spécifique dans un lieu donné afin de prévenir d'un danger pouvant s'avérer mortel.

**En combinant les besoins et intérêts, les prémices de ce travail sont nées et de nouvelles questions venaient en tête :**

- *Serait-il possible d'imaginer une solution de petite taille et répondant aux demandes ?*
- *Est-ce que cette solution peut être générique afin d'être ouvert a tous ?*

De plus, avec les récents évènements liés au COVID-19, une réflexion approfondie a été réalisée concernant la mesure de la qualité de l'air suite à la publication de recherches spécifique au coronavirus.

Vous découvrirez dans ce rapport la façon dont ce travail a été développé ainsi que certaines analyses réalisées.

## 1.2 Informations générales de ce projet

### 1.2.1 Contexte et présentation

Dans le cadre d'une demande professionnelle demandée par la société Dreamnet SRL, un système IoT permettant le suivi de la température, de l'humidité et du taux de CO2 au sein d'une pièce est requis afin de répondre à un projet futur répondant à de nouveaux besoins.

Sur base de premiers retours avec le professeur A. Dewulf, un intérêt est également présent pour détecter de l'Oxyde de Silicium auprès d'un client disposant d'une carrière. Cela permettra au client de prévenir de tout risque lié à une présence de l'Oxyde de Silicium à un taux trop élevé.

### 1.2.2 But

Permettre l'optimisation de l'environnement du personnel. Des études ont prouvé qu'une pièce à bonne température ambiante et avec une bonne qualité d'air permet d'aider à la concentration et améliorer l'état de santé ainsi que la productivité de l'être humain.

Dans le cas des retours du professeur, il s'agirait de prévenir d'un éventuel danger dans un milieu de travail à risque.

### 1.2.3 Besoins et contraintes

Concrètement parlant, il est demandé de mettre en place une solution IoT munie de capteurs « à la carte » ainsi que de différents moyens de communication au choix pour l'utilisateur final.

**Ce choix permettra au client de définir ce dont il a besoin :**

- Wi-Fi,
- Ethernet.

Un moyen d'accès aisé aux informations est à mettre en place. Le prix d'achat des composants pour créer l'appareil doit être le moins coûteux possible. De ce fait, une analyse des différents composants disponible sur le marché et de leur précision à été réalisée lors de l'élaboration du cahier de charges et de l'analyse technique afin de retenir uniquement les composants ayant un bon rapport précision/prix.

Concernant les nécessités du client disposant d'une carrière, une solution entièrement sans fil est à envisager. L'utilisation d'une batterie d'une certaine capacité pourrait s'avérer pratique à moins que le client dispose d'une prise 220V non loin de la zone où il souhaite mettre en place l'appareil.

Malheureusement, au vu des problèmes rencontrés liés au confinement, les échanges avec le 2ème client n'ont plus eu lieu.

Étant donné que l'appareil pourrait être mis en extérieur, un boîtier étanche est à étudier.

**Contraintes**

- L'appareil IoT doit rester relativement petit (de taille « acceptable »),
- L'appareil IoT et les capteurs doivent être à un prix correct (volonté de ne pas dépasser les 500 € pour le kit complet avec tous les moyens de communication éventuellement intégrés),
- La possibilité à un développeur tiers d'accéder aux données de l'appareil via une API ou un environnement Cloud (non obligatoire, mais souhaité),
- La possibilité d'une solution entièrement sans fil,
- Résistance aux intempéries si l'appareil est mis en extérieur (résistance à la pluie).

## 1.3 Analyse de sécurité

En termes de sécurité, il va de soi que l'environnement web doit être sécurisé par un certificat SSL et une protection liée aux données des utilisateurs. Dreamnet SRL conseille l'utilisation du certificat Let's Encrypt, étant un certificat gratuit et renouvelé de façon régulière. L'augmentation de la sécurité par le biais de *Security Headers* à implémenter sur la plateforme web est également une méthode intéressante à inclure.

> Concernant la sécurité mise en place sur la plateforme web, les éléments mis en place sont expliqué dans le point consacré à cet effet dans la section *Développement du projet > Site internet > Sécurité*.

Le moyen de communication de la Raspberry doit être le plus générique possible afin que même si une personne externe vient à récolter les informations, aucune information personnelle liée à l'utilisateur ne puisse être récupérée à son insu.

## 1.4 Développement du projet

### 1.4.1 Méthodologie

Des réunions régulières ont été prévues avec Dreamnet SRL afin de s'assurer que la direction suivie soit la bonne. La méthodologie suivie s'apparente donc aux méthodologies Agile et plus précisément Scrum.

Avec la période compliquée que nous avons subi, certaines contraintes ont été rencontrées, forçant de changer la manière de s'organiser ainsi que de la mise en place des réunions.

Le développement à débuté sur la partie IoT avec la Raspberry Pi pour ensuite laisser place à la mise en place d'un site internet *« maquette»*.

### 1.4.2 Raspberry Pi

Le développement a débuté avec la Raspberry Pi. Plusieurs éléments ont été développés :

- Système de connexion à distance sécurisée par interface graphique via VNC Viewer (Raspberry Pi servant de serveur),
- Protection à la connexion par interface console par protocole SSH,
- Intégration d'un service permettant l'allongement de la durée de vie de la carte microSD,
- Développement des différents capteurs.

Concernant les capteurs, tout a été développé avec le langage de programmation Python, l'intégration d'un service de logs avec rotation et suppression automatique de l'historique ancien de plus de 30 jours.

### 1.4.3 Site internet

Au niveau du site internet, il était originellement prévu de travailler sur une plateforme avec le framework React.JS. J'ai rapidement pu remarquer les limites de cet environnement de développement par rapport aux besoins de ce projet et aie donc entrepris de changer d'environnement de travail.

#### Sécurité

**Certificat Let's Encrypt (HTTPS)** Concernant la sécurité, le certificat HTTPS a été mis en place. Let's Encrypt a été utilisé, avec `certbot` afin d'automatiser son renouvellement.

Let's Encrypt est une autorité de certification gratuite, automatisée et ouverte, exploitée pour le bénéfice du public. C'est un service fourni par l'Internet Security Research Group (ISRG). Leur optique étant de créer un Web plus sûr et respectueux de la vie privée, ils offrent les certificats numériques pour activer le protocole de sécurité HTTPS (SSL/TLS) pour les sites web, gratuitement.

On peut remarquer sa mise en place sur le serveur web via le rapport de sécurité réalisé auprès de Qualys :

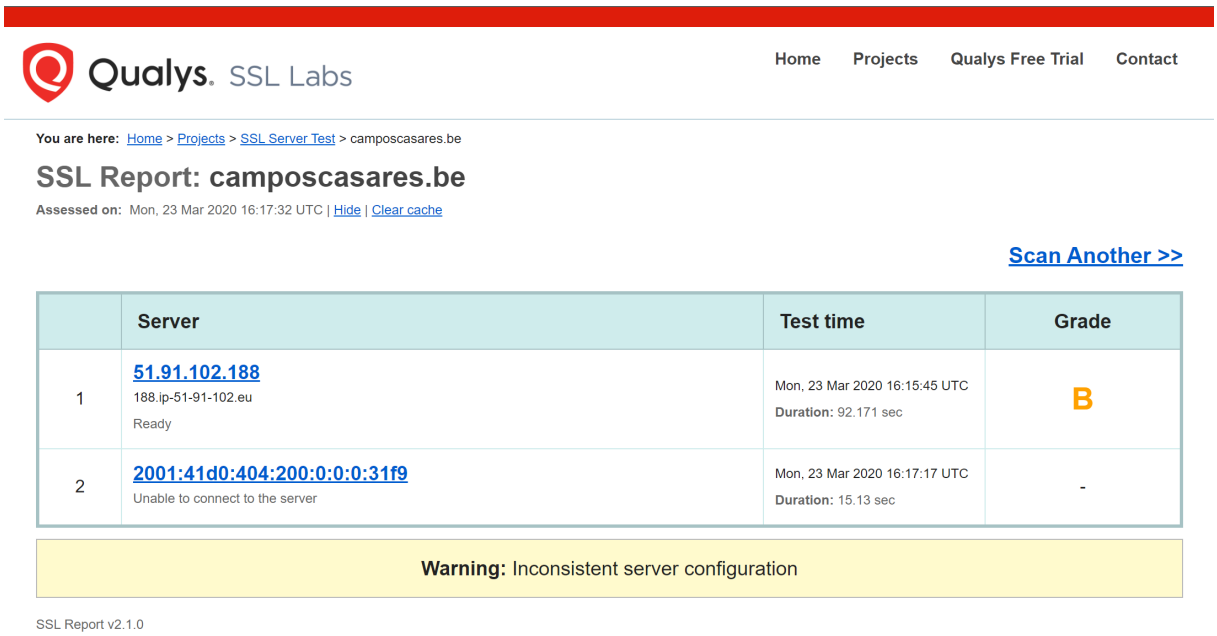



**FIG. 1:** Rapport de sécurité SSL

**En-tête de sécurité** De plus, des security headers ont été mis en place afin d'assurer une protection supplémentaire de la plateforme web. En protégeant les en-têtes de sécurité HTTP/HTTPS, les attaques et les vulnérabilités de sécurité sont atténuées.

Les en-têtes de sécurité HTTP est la réponse au navigateur lorsqu'il effectue une requête. Certains de ces en-têtes contiennent de méta data de contenu tels que le code de statut, la méthode utilisée par la requête (GET/POST…), l'adresse URL de la requête, le contenu d'encodage et le contrôle de la cache. Cela définit donc notamment comment le navigateur web doit réagir en affichant le contenu de la page web demandée.

Voici le rapport d'analyse des en-têtes de sécurité de la plateforme :

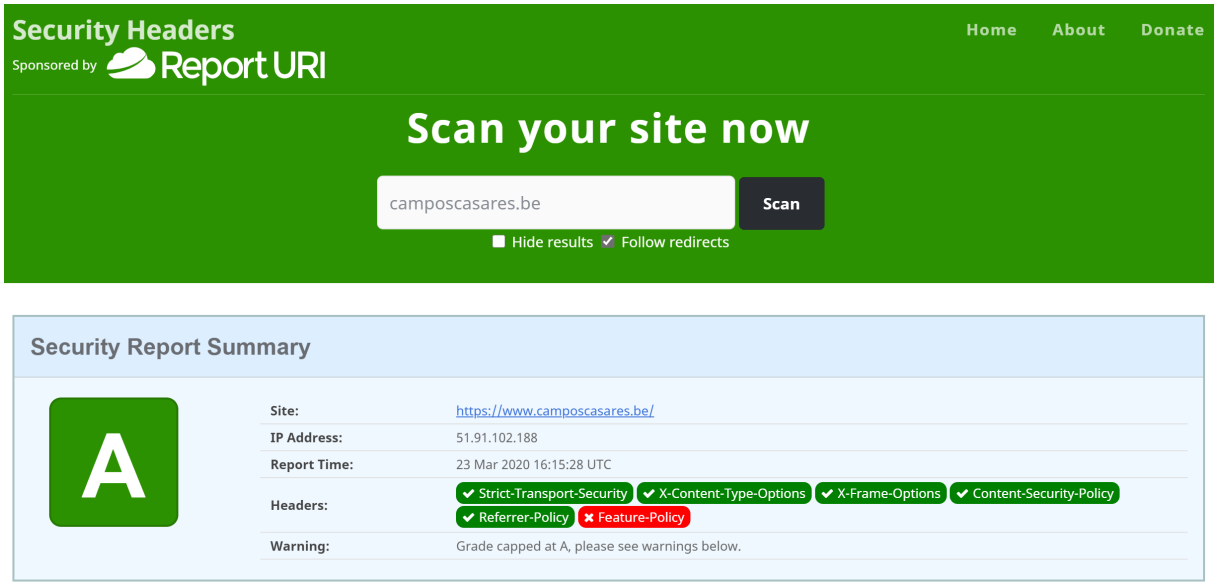



**FIG. 2:** Rapport des security headers

Content Security Policy (CSP)

Cette stratégie permet de prévenir des attaques telles que le script de site croisé (XSS) et d'autres attaques d'injection de code en définissant les sources de contenu approuvées et en permettant au navigateur de les charger.

Dans la configuration du serveur NGINX, cela concerne `Content-Security-Policy`.

Filtre de script de site croisé (X XSS-Protection)

L'en-tête est conçu pour activer le filtre de script de site croisé (XSS) intégré dans les navigateurs web modernes. Il est généralement activé par défaut, mais le spécifier est toujours préférable.

Dans la configuration du serveur NGINX, cela concerne `add_header X-XSS-Protection "1; mode=block" always;`

HTTP Transport de sécurité stricte (HSTS)

Il permet de restreindre les navigateurs web pour accéder au serveur web uniquement via le protocole de sécurité HTTPS. Cela garantit que la connexion ne peut pas être établie via une connexion HTTP non sécurisée et ainsi prévenir de susceptibles attaques.

Dans la configuration du serveur NGINX, cela concerne `Strict-Transport-Security`.

Protection de clics

En utilisant `X-Frame-Options`, une protection contre les clics est établie et les iframes ne peuvent pas être chargé sur le site web.

Blocage de détection de réponse éloignée

`X-Content-Type-Options` permet de prévenir la détection de réponse éloignée déclarée. Cela permet de réduire le risque de téléchargements de type « drive-by» (= téléchargement de

contenu autorisé sans tenir compte des conséquences (exécutable contrefait, application non reconnue/signée…)) et ainsi traiter le contenu de la bonne façon.

Référence de politique HTTP

`Referrer-Policy` contrôle la quantité d'informations de référence qui doit être incluse dans les demandes.

Sur le serveur NGINX, `strict-origin-when-cross-origin` a été défini. Concrètement, l'origine est envoyée (le chemin et la chaîne de requête) lors de l'exécution d'une demande de même origine. L'origine n'est envoyée que lorsque le niveau de sécurité du protocole reste le même lors de l'exécution d'une demande d'origine croisée (HTTPS → HTTPS), et n'envoie aucun en-tête à un système moins sécurisé (HTTPS → HTTP).

**Changement vers Python Flask** Fin mars, j'ai entrepris la conversion complète du site internet pour travailler sur le framework Flask prévu pour Python.

Afin d'améliorer au maximum le rendement de ce framework, le modèle MVT a été suivi (ce modèle est expliqué à la suite dans un point dédié). L'avantage de Python Flask est son intégration plus aisée de l'API ainsi que de la base de données.

Afin de comprendre au mieux l'utilisation de Flask, j'ai suivi la formation en ligne « Concevez un site avec Flask» sur OpenClassrooms.

**Modèle MVT** Concernant la plateforme web, le modèle MVT (Modèle - Vue - Template) est suivi.

- Le modèle est la structure de l'objet dans la base de données. Concrètement, il est représenté par le fichier `models.py`.
- La vue décide du contenu qui sera affiché sur une page ; c'est elle qui génère le contenu à renvoyer aux requêtes adressées. Concrètement, il est représenté par le fichier `views.py`.
- Le template est un fichier HTML recevant des objets Python et lié à une vue. Concrètement, il est représenté par le dossier `templates` et tout fichier présent dans ce dernier.

**API** Python Flask permet la mise en place d'une API (Application Programming Interface). La documentation fournie sur le site internet officiel de Flask est relativement complète.

Dans le cadre de ce projet, j'ai suivi la formation en ligne « Adoptez les API REST pour vos projets web» sur OpenClassrooms. Cette formation m'a permis de mieux visualiser les concepts théoriques derrière les API et ainsi orienter la programmation de ce dernier.

**Changement vers PHP** Malheureusement, en avançant dans la construction de l'API, j'ai été face à quelques problèmes de compréhension afin de mettre en place correctement les éléments nécessaires pour finaliser le site web avec Python Flask. Arrivé début mai, j'ai dès lors pris contact avec Dreamnet SRL afin de changer un peu les attentes du projet et convenir d'un arrangement.

Une partie du cahier de charges original concernant le site web est donc relégué à un développement ultérieur, la partie échange de communication entre la Raspberry Pi et le site web étant la priorité.

Le langage final choisi est PHP et la conversion entre ce qui à déjà été réalisé sous Python Flask et le nouvel environnement sous PHP n'a pas occasionné un retard plus conséquent que celui déjà préexistant.

### 1.4.4 Base de données

Lors du choix de technologies, il était décidé de partir sur MariaDB car jugé plus intéressant en termes de fonctionnalités, stabilité et de la licence Open SQL Server en comparaison de MySQL. Malheureusement, au vu de certaines incompatibilités rencontrées avec MariaDB lors de l'implémentation de l'environnement web, SQLite a été le choix final.

Concrètement parlant, la base de données comporte 2 tables :

- User Elle contient toutes les informations liées à l'utilisateur. Nous y trouverons son nom et prénom, adresse e-mail, mot de passe (qui sera protégé), date d'inscription et s'il est en possession d'un appareil de suivi ainsi que de quel(s) capteur(s).
- Box Elle contient les informations liées à la Raspberry Pi et les capteurs. Nous y trouverons les différentes informations environnementales tout comme l'ID de l'appareil ainsi que l'horodatage de la prise de mesure.

Avec les changements occasionnés au niveau du site internet, seule la table Box sera utilisée.

## 1.5 Problèmes rencontrés

### 1.5.1 Confinement

Avec cette période exceptionnelle que nous rencontrons cette année via la présence de mesures strictes de confinement afin de contrer le coronavirus, cela a eu un impact non négligeable sur l'avancée de ce TFE.

En effet, avec le stage en télétravail, les quelques semaines de stages suspendus qui sont à rattraper et la distanciation sociale, j'ai dû réadapter à plusieurs reprises mon planning de travail. Vivant seul, j'ai ressenti la distanciation sociale de façon conséquente et ait perdu mon rythme de travail, entre autres, dû à un manque de motivation lié à la solitude ressentie.

De plus, je n'ai eu que très peu d'échanges avec les clients concernant mon TFE faisant que le développement n'a pu être avancé principalement que sur base des notes prises lors d'entrevues avant les mesures prises par le gouvernement.

### 1.5.2 Incompatibilité entre les technologies choisies

Au début du projet, sur base des demandes du client et d'une analyse amenant à l'élaboration d'un cahier de charges, certains choix de technologies m'avaient semblé évidents. C'était sans compter la complexité de mise en place du framework React.JS au niveau de l'environnement web.

Une première réadaptation des choix technologiques à été faite en quittant le framework React.JS au profit du framework Flask.

Malheureusement, des soucis de connexion entre Python Flask et la base de données MariaDB se sont présentés très rapidement, nécessitant le changement vers SQLite qui lui, ne pose aucun problème d'interaction par le biais du module SQLAlchemy utilisé par Flask pour interagir avec une base de données.

## 1.6 Piste d'amélioration

### 1.6.1 Mise en place d'un système de connexion utilisateur

Comme prévu pour la version commercialisable de ce sujet de TFE, un environnement permettant aux utilisateurs de s'inscrire et avoir accès aux informations spécifiques de leur compte pourrait être mis en place.

Cela permettrait ainsi de profiter d'un environnement unique et facile d'utilisation pour l'utilisateur sans la nécessité de dépendre d'un site internet unique à chacun.

### 1.6.2 Application permettant la configuration rapide de la Raspberry Pi

Une application mobile se connectant à la Raspberry Pi pourrait être développée afin de faciliter la première mise en route. De cette manière, l'utilisateur n'aurait plus à devoir fournir les informations de connexion à son réseau sans fil et pourrait de lui-même configurer et reconfigurer à souhait son appareil de suivi de mesures.

### 1.6.3 Système de commande complète en ligne

À l'heure actuelle, la prise en charge des commandes se réalise exclusivement que par un échange de mail et/ou par appel téléphonique. Un formulaire pourrait être mis en place avec système de processus de paiement par carte bancaire afin d'automatiser la commande.

## 1.7 Conclusion

Ce sujet de TFE m'a énormément appris. J'ai eu l'occasion de pouvoir m'améliorer dans le langage de programmation Python, mieux comprendre certaines utilisations au niveau des modules et librairies, mais également de comprendre les différences entre Python 2.x et Python 3.x. En effet, parmi les différents capteurs utilisés dans le cadre de ce projet, le capteur de détection de fines particules ne disposant pas de librairies spécifique et ayant une communication en série, il ne m'était pas possible de travailler avec ce capteur en Python 3.x tout comme les autres capteurs.

Certains choix technologiques décidés au départ lors de l'écriture du cahier de charges se sont avérés rendre le travail complexe et lors de l'avancement du développement, je me suis rapidement rendu compte des incompatibilités sur certains aspects. Cela a occasionné un retard qui était nécessaire à rattraper pour mener à bien ce projet.

La situation particulière que nous avons vécue en ce début d'année 2020, avec la présence du confinement lié à la pandémie du COVID-19, a rendu difficile l'avancement du travail de fin d'études comme expliqué précédemment dans les problèmes rencontrés.

Le cahier de charges a dû être revu avec le client afin de rester réalisable et s'assurer des bons choix technologiques. La communication avec les clients s'est avérée être plus difficile durant cette période de pandémie, mais des arrangements ont pu être trouvés afin de pouvoir discuter du projet sans être livré intégralement à soi.

## 1.8 Bibliographie

***Partie IoT/Raspberry Pi :***


- *Raspberry Pi 4 GPIO Pinout*, par Eduardo Pecina, https://maker.pro/raspberry-pi/tutorial/raspberry-pi-4-gpio-pinout
- *Adafruit BME280 Humidity + Barometric Pressure + Temperature Sensor Breakout*, https://learn.adafruit.com/adafruit-bme280-humidity-barometric-pressure-temperature-sensor-breakout
- *Adafruit BMP280 library*, repository GitHub appartenant à Adafruit, https://github.com/adafruit/Adafruit_BMP280_Library
- *Adafruit BME280 library*, repository GitHub appartenant à Adafruit, https://github.com/adafruit/Adafruit_BME280_Library
- *Pimoroni BME680 library*, repository GitHub appartenant à Pimoroni, https://github.com/pimoroni/bme680
- *Getting Started with BME680 Breakout*, Pimoroni, https://learn.pimoroni.com/tutorial/sandyj/getting-started-with-bme680-breakout
- *SDS011 dust sensor reading*, code publié sur GitHub appartenant à kadamski, https://gist.github.com/kadamski/92653913a53baf9dd1a8
- *Fanshim Python*, repository GitHub appartenant à Pimoroni, https://github.com/pimoroni/fanshim-python
- *Apprenez à programmer en Python*, Openclassrooms, https://openclassrooms.com/fr/courses/235344-apprenez-a-programmer-en-python
- *Getting Started with Fan SHIM*, PIMORONI, https://learn.pimoroni.com/tutorial/sandyj/getting-started-with-fan-shim
- *Requests : HTTP for Humans*, https://requests.readthedocs.io/en/master/
- *Python's Requests Library (Guide)*, publié le 23/01/2019, https://realpython.com/python-requests/
- *Documentation Python v3.7*, Python Software Foundation, https://docs.python.org/3.7/
- *Python 3 - JSON encoder and decoder*, Python Software Foundation, https://docs.python.org/3/library/json.html


***Partie web :***


- *Documentation Python v3.7*, Python Software Foundation, https://docs.python.org/3.7/
- *Flask Documentation*, https://flask.palletsprojects.com/en/1.1.x/
- *Flask API documentation*, https://flask.palletsprojects.com/en/1.1.x/api/
- *Documentation Bootstrap*, Bootstrap, https://getbootstrap.com/docs/4.5/getting-started/introduction/
- *Code Snipetts | CSS-Tricks*, CSS-tricks, https://css-tricks.com/snippets/
- *CSS Almanac | CSS-Tricks*, CSS-tricks, https://css-tricks.com/almanac/


***Partie Base de données :***


- *Documentation MariaDB*, https://mariadb.com/kb/en/documentation/

- *Documentation SQLite*, https://sqlite.org/docs.html

***Partie API :***

- *Adoptez les API REST pour vos projets web*, Openclassrooms, https://openclassrooms.com/fr/courses/6573181-adoptez-les-api-rest-pour-vos-projets-web
- *ChartJS*, ChartJS, https://www.chartjs.org/

***Autres sources :***

- *docker-compose*, Docker, https://docs.docker.com/compose/
- *Use volumes*, Docker, https://docs.docker.com/storage/volumes/