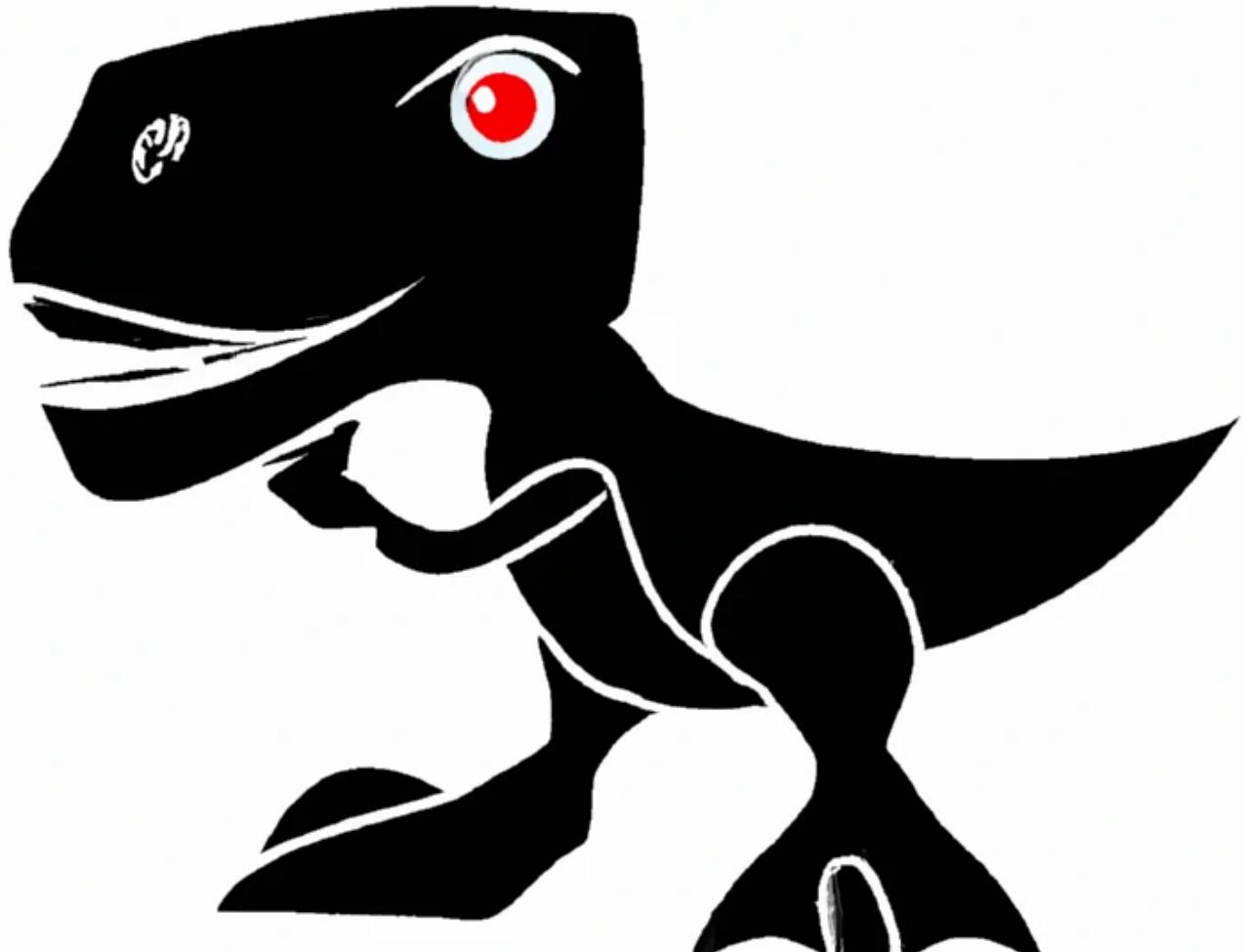


1. Rapport de projet : Banc de mesures de la consommation électrique pour application web



Candidat: Cyril Tobler

Proposé par: SINABE Sarl

Personne de contact: Benoit Vianin

Enseignant-e: Fabien Maire

Lieu de travail: Ecole CPNE-TI SIS2

Nombre de périodes: 300

Durée du travail : 14.08.2023 - 22.09.2023

2. Sommaire

- 1. Rapport de projet : Banc de mesures de la consommation électrique pour application web
- 2. Sommaire
- 3. Introduction
- 4. Objectifs
 - 4.1. Objectif principal
 - 4.2. Objectifs spécifiques
 - 4.2.1. Génération de trafic web
 - 4.2.2. Mesure de la consommation
 - 4.2.3. Génération de rapports sur la performance
- 5. Caractéristiques
 - 5.1. Génération de trafic web
 - 5.2. Mesure de la consommation électrique (INA219)
 - 5.3. Mesure de la consommation
- 6. Matériel
 - 6.1. Nomenclature
 - 6.2. Volt
 - 6.3. Nidus
 - 6.4. INA219
 - 6.5. RJ45
- 7. Budget
- 8. Planification
 - 8.1. Mise en place
 - 8.1.1. But
 - 8.2. Première itération
 - 8.2.1. But
 - 8.3. Deuxième itération
 - 8.3.1. But
 - 8.4. Troisième itération
 - 8.4.1. But
- 9. Installation physique
 - 9.1. Nidus
 - 9.2. Volt
 - 9.3. Situation finale
 - 9.4. Suite
 - 9.4.1. Plaque de plexiglas avec des vis
 - 9.4.2. Boîtier en plastique
 - 9.4.3. Conclusion
- 10. Schéma de principe
 - 10.1. Schéma de principe visuel
 - 10.2. Diagramme de séquence
- 11. Systèmes d'exploitation (OS)
 - 11.1. Ubuntu
 - 11.2. Raspberry Pi OS (Raspbian)
 - 11.3. Première installation
 - 11.4. Seconde instalation Ubuntu Server
 - 11.4.1. Configuration post instalation
 - 11.4.2. Instalation Apache
 - 11.4.3. Script MQTT
- 12. I²C (Inter-Integrated Circuit)
 - 12.1. Bus Série Synchrone Bidirectionnel Half-Duplex
 - 12.2. Les Deux Câbles Essentiels : SDA et SCL
 - 12.3. TWI ou TWSI
- 13. Node-RED
 - 13.1. Introduction
 - 13.2. Node.js
 - 13.3. FlowFuse
 - 13.4. La Programmation par Flux
 - 13.4.1. Comprendre les Flux
 - 13.4.2. Différences avec la Programmation Orientée Objet
 - 13.4.3. Conclusion
 - 13.5. Installation
 - 13.6. Configuration
 - 13.6.1. Installation des plugins

- 13.6.2. Sécurisation de Node-Red
- 13.6.3. Sécurisation du Dashboard
- 13.6.4. Suivi Git
- 14. Gatling
 - 14.1. Installation
 - 14.1.1. Prerequisites
 - 14.1.2. Download
 - 14.2. Vérification de l'installation
 - 14.3. Scripts
- 15. Apache et Site Web
 - 15.1. Installation
 - 15.2. Mise en place d'un site Web
- 16. MQTT
 - 16.1. Installation de Mosquitto sur Nidus
 - 16.2. Ouverture des port sur Nidus
 - 16.3. Script MQTT
 - 16.3.1. Script
 - 16.3.2. Description détaillée du script
 - 16.3.3. Conclusion
 - 16.4. Installation
 - 16.5. Utilisation du script
 - 16.5.1. Vérification
- 17. INA219
 - 17.1. GPIO
 - 17.2. Installation physique
 - 17.2.1. Branchement SANS VOLT
 - 17.2.2. Branchement AVEC VOLT
 - 17.2.3. Vérification de la présence du INA219
 - 17.3. Obtention des données
 - 17.3.1. Test avec le un script python
- 18. Noeud Node-Red
 - 18.1. Dashboard
 - 18.2. INA219
 - 18.3. Monitoring
 - 18.4. PDF
 - 18.4.1. Base
 - 18.5. Images de graphiques et de tableaux
- 19. Stress Test V1.0
 - 19.1. Écran d'Accueil
 - 19.2. En Exécution
 - 19.3. Résultat
 - 19.4. Purge
- 20. Gatling Test V2.0
 - 20.1. But
 - 20.2. Étapes à Atteindre
 - 20.3. Exécution d'un Test Préétabli sur Gatling depuis Node-Red
 - 20.4. Envoi de Commande avec une Durée
 - 20.5. Récupération des Informations
 - 20.6. Traitement des données
 - 20.6.1. Création des graphiques
 - 20.6.2. PDF
 - 20.7. Refactoring
- 21. Gatling V3.0
 - 21.1. UI
 - 21.1.1. Ventilateur
 - 21.1.2. UI
- 22. Problèmes
 - 22.1. Problème de Détection I2C
 - 22.2. Problème de Performance
 - 22.2.1. Solutions testées :
 - 22.2.2. Solutions possibles :
 - 22.2.3. Solution choisie :
 - 22.3. Température
 - 22.3.1. Sans ventilateur
 - 22.3.2. Avec Ventilateur
 - 22.4. Analyse des Résultats des Tests de Performance
- 23. Choix effectués
 - 23.1. Node-Red

- 23.2. MQTT pour les Relevés de Monitoring
- 23.3. Rapport PDF
- 23.4. INA219
- 23.5. Gatling
- 24. Améliorations Futures
 - 24.1. Amélioration du calcul de la bar de chargement
 - 24.2. Base de Données
 - 24.3. Utilisation de FlowFuse
 - 24.4. Analyse des Données
 - 24.5. Tests de Cluster
 - 24.6. Intégration de Services Cloud
 - 24.7. Sécurité Renforcée
 - 24.8. Intégration de l'Apprentissage Automatique
 - 24.9. Support Multilingue
 - 24.10. Optimisation d'une distribution Ubuntu
- 25. Licences
 - 25.1. Licence Principale du Projet
 - 25.2. Licences des Dépendances
- 26. Remerciement
- 27. Sources
 - 27.1. Node-RED et Extensions
 - 27.2. Bibliothèques et Outils Externes
 - 27.3. Tutoriels et Documentation Technique
 - 27.4. Gatling
- 28. Autres Outils et Ressources
 - 28.1. Articles de Recherche
 - 28.2. Outils Supplémentaires

3. Introduction

Le développement de sites web et d'applications web requiert une attention particulière à la performance et à la consommation des ressources. Afin de réduire l'impact écologique des solutions digitale et d'optimiser la charge des systèmes, il est essentiel de mesurer et d'analyser la consommation de ces systèmes dans des conditions de charge réalistes. Dans ce contexte, il est nécessaire de mettre en place un banc de mesures de la consommation capable de générer du trafic web, de mesurer la consommation électrique et de fournir des rapports sur la performance du code ou de l'architecture testée.

4. Objectifs

4.1. Objectif principal

L'objectif principal de ce projet est de concevoir et développer un banc de mesures de la consommation électrique pour site web ou application web. Ce banc de mesures devra être capable de générer du trafic web, de mesurer la consommation des ressources et de générer des rapports détaillés sur la performance du code ou de l'architecture testée par rapport à une référence.

4.2. Objectifs spécifiques

Les objectifs spécifiques du projet sont les suivants :

4.2.1. Génération de trafic web

Le système devra être en mesure de simuler le trafic web en générant des requêtes HTTP réalistes. Il devra pouvoir reproduire des scénarios de charge variable afin d'évaluer les performances du site web ou de l'application web dans des conditions réelles.

4.2.2. Mesure de la consommation

Le banc de mesures devra être équipé d'un mécanisme de mesure précis et fiable de la consommation des ressources, telles que la consommation d'énergie, l'utilisation du processeur, la consommation de mémoire et la consommation du réseau.

4.2.3. Génération de rapports sur la performance

Le système devra être capable de collecter les données de mesure et de générer des rapports détaillés sur la performance du code ou de l'architecture testée. Les rapports devront inclure des métriques telles que le temps de réponse, la consommation d'énergie par requête, l'utilisation du processeur, etc.

5. Caractéristiques

Le banc de mesures de la consommation pour site web ou application web devra présenter les caractéristiques suivantes :

5.1. Génération de trafic web

Utilisation de l'outil Gatling comme générateur de trafic web. Gatling permettra de simuler des requêtes HTTP réalistes, de configurer des scénarios de charge et d'évaluer les performances du système testé.

Gatling est un outil de test de charge open source basé sur Scala, conçu pour évaluer les performances des applications et des sites Web. Gatling simule des utilisateurs virtuels qui envoient des requêtes HTTP vers le système cible.

5.2. Mesure de la consommation électrique (INA219)

Utilisation d'un chip INA219 ou autre connectée via le bus I2C pour mesurer la consommation de manière précise et fiable. La chip INA219 fournira des informations détaillées sur la consommation d'énergie en mesurant la tension et le courant du système testé.

5.3. Mesure de la consommation

Utilisation d'un serveur Node-Red pour son environnement low-code pour les applications évènementielles. Il facilitera le relever des mesures de consommation des ressources. du banc de tests (consommation d'énergie, utilisation du processeur, consommation de mémoire, bande passante et temps de réponses, ...).

6. Matériel

- **2x** Radiateur pour Raspberry Pi 4
- **2x** Raspberry Pi 4 /4GB RAM / 64GB SD
- **2x** Bloc d'alimentation Raspberry Pi 4
- **2x** Carte Micro SD 64GB
- **2x** cable RJ45 rose
- **1x** cable Micro HDMI - HDMI
- **1x** Plaque d'essai
- **1x** set de câbles de connexion
- **2x** Platine de mesure INA219
- **2x** câble USB-C Femelle
- **2x** câble USB-C Mâle

6.1. Nomenclature

Pour simplifier la lecture du rapport ainsi que le travail, les Raspberry Pi seront nommés comme suit :

- **Volt** : Serveur Web
- **Nidus** : Serveur de monitoring

Au niveau des hostname, les Raspberry Pi seront nommés comme suit :

- **Volt** : volt.s2.rpn.ch
- **Nidus** : nidus.s2.rpn.ch

En plus des raspberry il y a ma machine de développement qui se trouve être mon laptop personnel qui tourne sous un Kubuntu 22.04. Cette machine est nommé comme suit :

- **LPT-UNIX-USB-CT**



6.2. Volt

Au niveau de la répartition du matériel, Volt est composé de :

- 1. Cable HDMI - Micro HDMI
- 2. Raspberry PI 4
- 3. Bloc d'alimentation pour Raspberry PI 4
- 4. Carte Micro SD 64GB
- 5. Radiateur pour Raspberry Pi 4
- 6. Set de vis et de gomme pour le radiateur



6.3. Nidus

Le matériel de Nidus est composé de :

- 1. Set de câble de connexion
- 2. Plaque d'essai
- 3. Alimentation pour Raspberry Pi 4
- 4. Rallonge USB-C coupé en deux
- 5. INA219
- 6. Raspberry Pi 4 et sa carte Micro SD 64GB
- 7. Radiateur pour Raspberry Pi 4
- 8. Set de vis et de gomme pour le radiateur



6.4. INA219

Il s'agit d'une seconde puce **INA219** qui a été commandé pour le projet, pour pouvoir changer la puce **INA219** en cas de problème. Au cas ou le projet prend de l'ampleur, il est aussi possible à terme de mettre plusieurs INA219 sur le même bus **I2C**.



6.5. RJ45

En réserve, deux câble **RJ45** rose ont été commandé pour le projet.



7. Budget

En ce qui concerne le budget, je vais fournir les prix de **Digitec/Galaxus** pour donner une idée des coûts si l'on souhaite reproduire le projet. Dans mon cas, c'est M. Viannin qui a effectué les achats auprès de ces fournisseurs. Il est possible que les prix ne correspondent pas exactement à ceux que j'ai indiqués.

Matériel	Quantité	Prix Par Unité	Prix Total
Raspberry Pi Câble officiel blanc Micro-HDMI vers HDMI 1M pour Raspberry Pi 4	1X	12.90	12.90
RASPBERRY Radiateur	2X	25.80	51.60
Raspberry Pi 4 4G Modèle B ARMv8	2X	87.-	174.-
Official Raspberry Pi 4 Power Adapter	2X	13.90	27.80
microSDXC, 64 Go, U3, UHS-I	2X	14.90	29.80
Carte enfichable à grille de trous Breadboard ZY-60	1X	18.90	18.90
INA219	2X	17.90	35.80
MikroElektronika Fils de connexion	1X	13.-	13.-
Cable RJ45 violet court	2X	9.75	19.50
Cable USB-C Mâle-Femelle	2X	14.95	29.90
Total			433.20

Une fois le matériel pris en compte, je tiens également à calculer le coût horaire de travail. Pour cela, je prends le salaire d'un technicien en informatique, soit 30.- de l'heure. Je prends également en compte le temps de travail, soit 300 périodes de 45 minutes, ce qui équivaut à 225 heures. Cela nous donne un total de 6750.- de salaire. En ajoutant le coût du matériel, nous arrivons à un total de 7183.- .

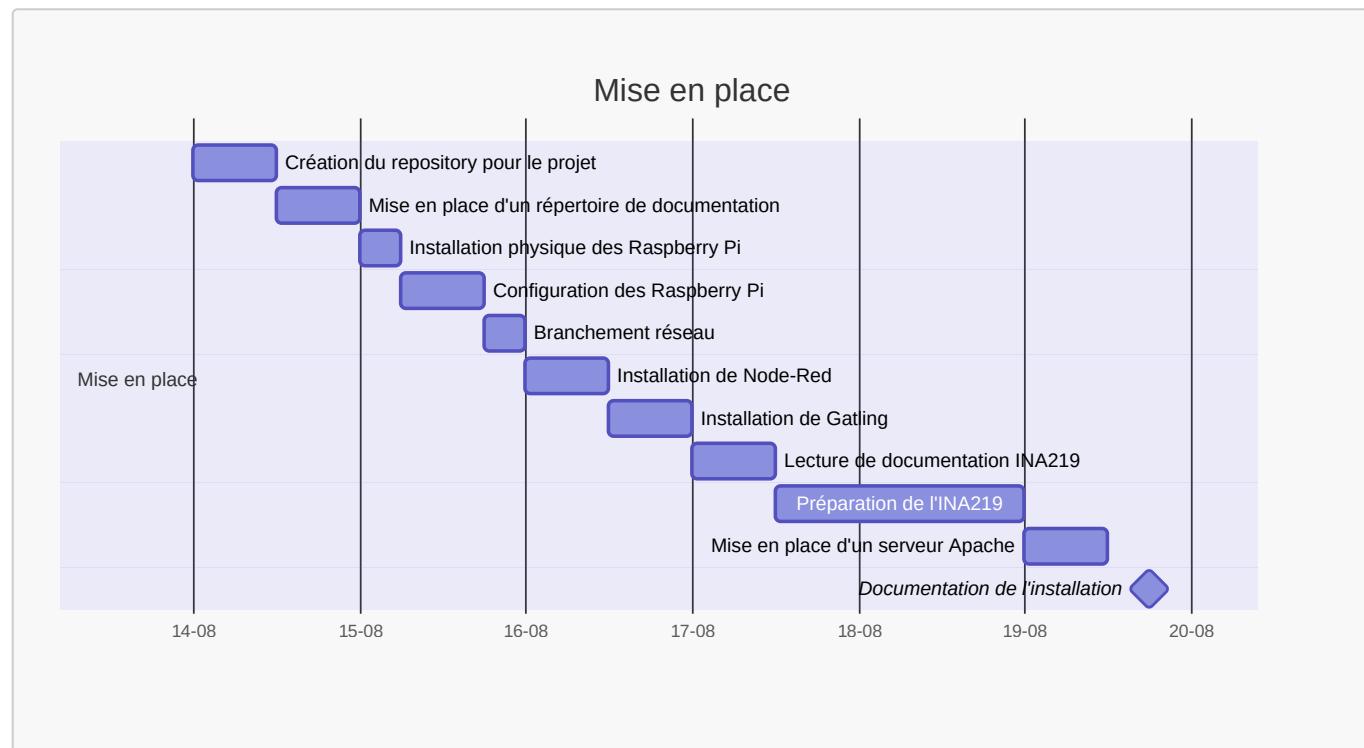
Bien sûr, dans le cadre de ce projet, le salaire n'est pas pris en compte, mais il est important de le considérer si l'on souhaite reproduire le projet dans un contexte professionnel.

8. Planification

8.1. Mise en place

8.1.1. But

Le but de ce jalon est de mettre en place l'environnement de test et de configurer les outils nécessaires pour effectuer les mesures. Tout ce qui est nécessaire pour effectuer les tests de performance doit être installé et configuré, Node-RED, Gatling et l'INA219. Les Raspberry Pi doivent être installés dans l'environnement prévu et configurés avec les paramètres de base.



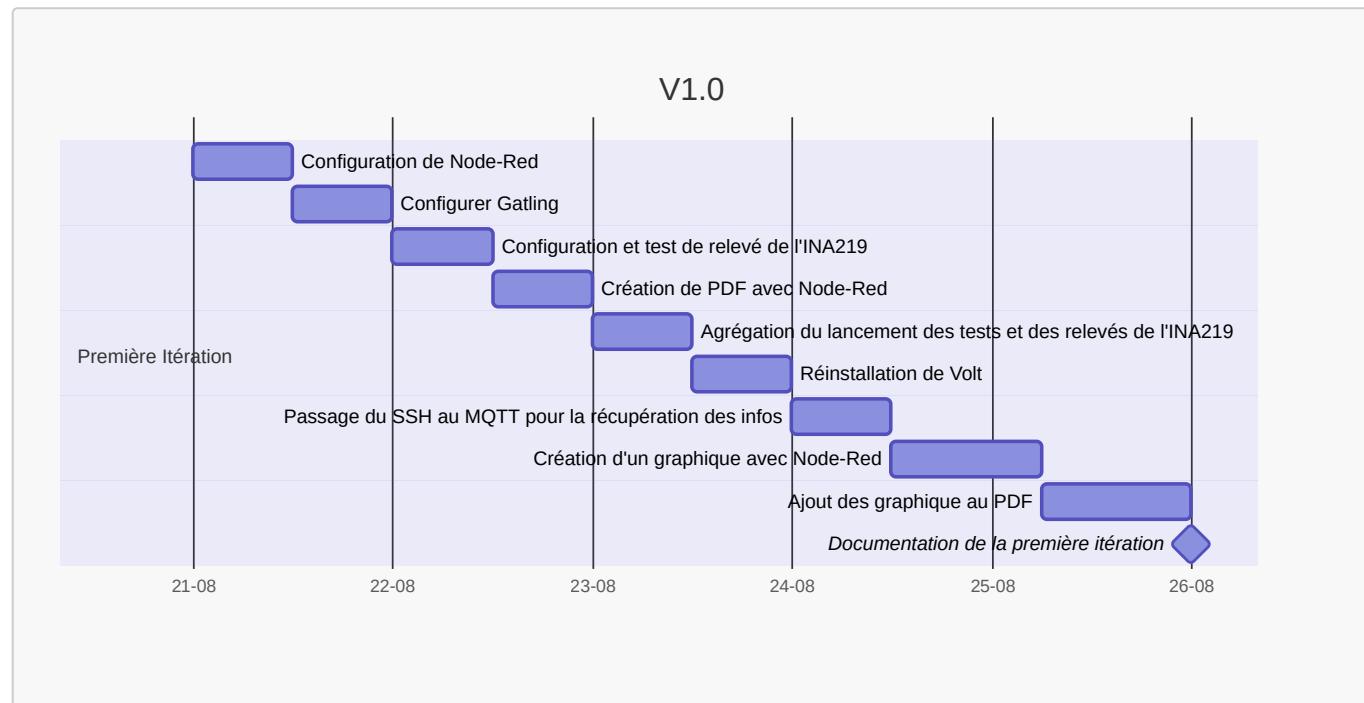
8.2. Première itération

8.2.1. But

Mettre en place un "proof of concept" qui se basera simplement sur la génération d'un rapport PDF par node-red via les informations de monitoring d'une machine mise sous pression par SSH.

Cette "PoC" ne permettra pas de :

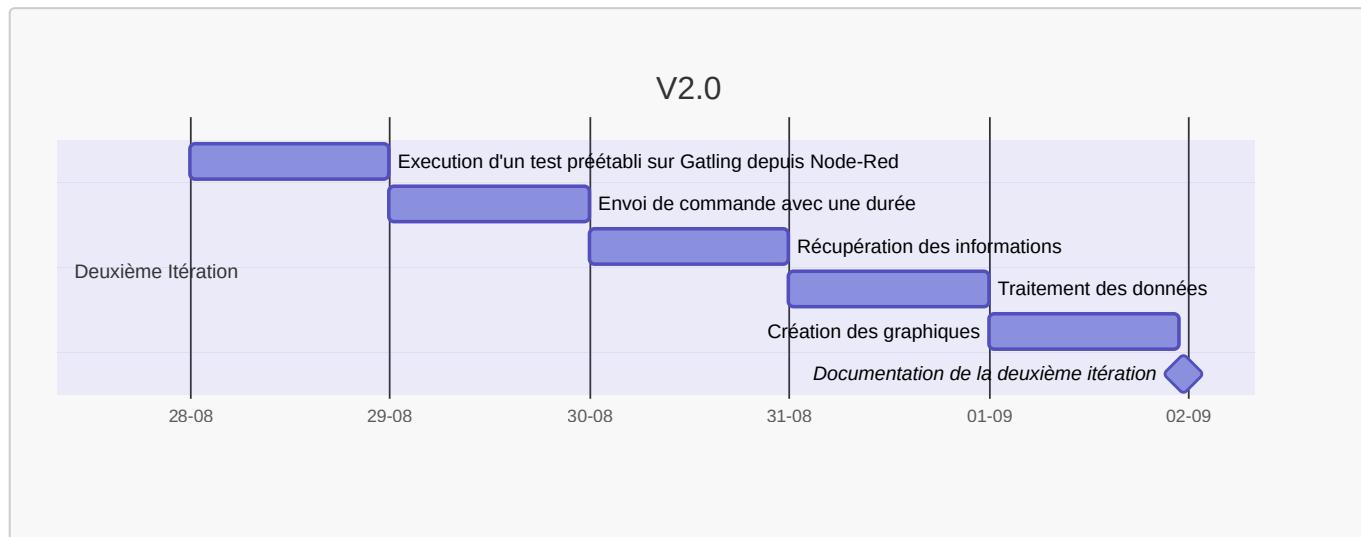
1. L'impossibilité de sélectionner le serveur à tester.
2. L'incapacité à comparer les performances entre différents serveurs.



8.3. Deuxième itération

8.3.1. But

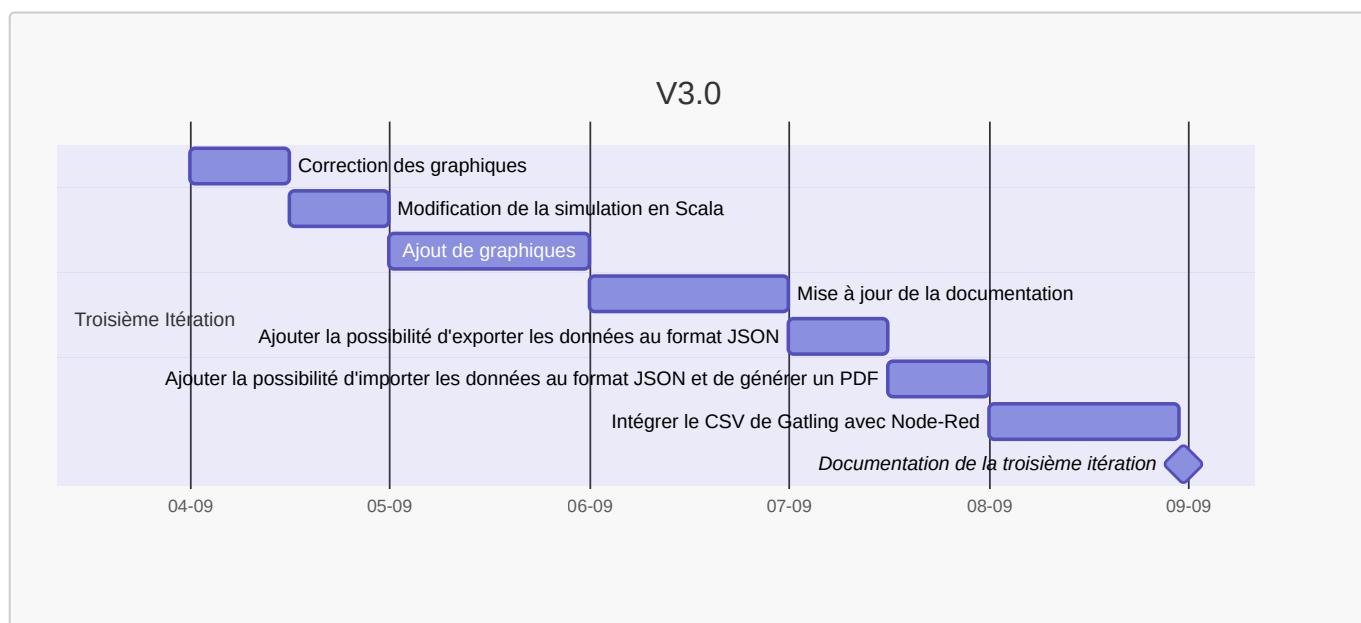
Ajout de Gatling aux test de charges avec récupérations des informations des logs de Gatling et de l'INA219.



8.4. Troisième itération

8.4.1. But

La troisième itération a pour but de rendre le projet utilisable notamment en modifiant les visuels des graphique pour les rendre plus lisible, en modifiant le script Gatling qui utilise le scala en lieu et place du java en ajoutant de nouveau graphique et enfin en ajoutant la possibilité d'exporter les données au format JSON et d'importer les données au format JSON et de générer un PDF.



9. Instalation physique

Pour différencier physiquement les deux Raspberry Pi, j'ai décidé de d'utiliser un stylo effaçable de tableau blanc pour "colorier" la parti du radiateur au dessus de la carte SD **Vert** pour Volt et **Rouge** pour Nidus.

9.1. Nidus

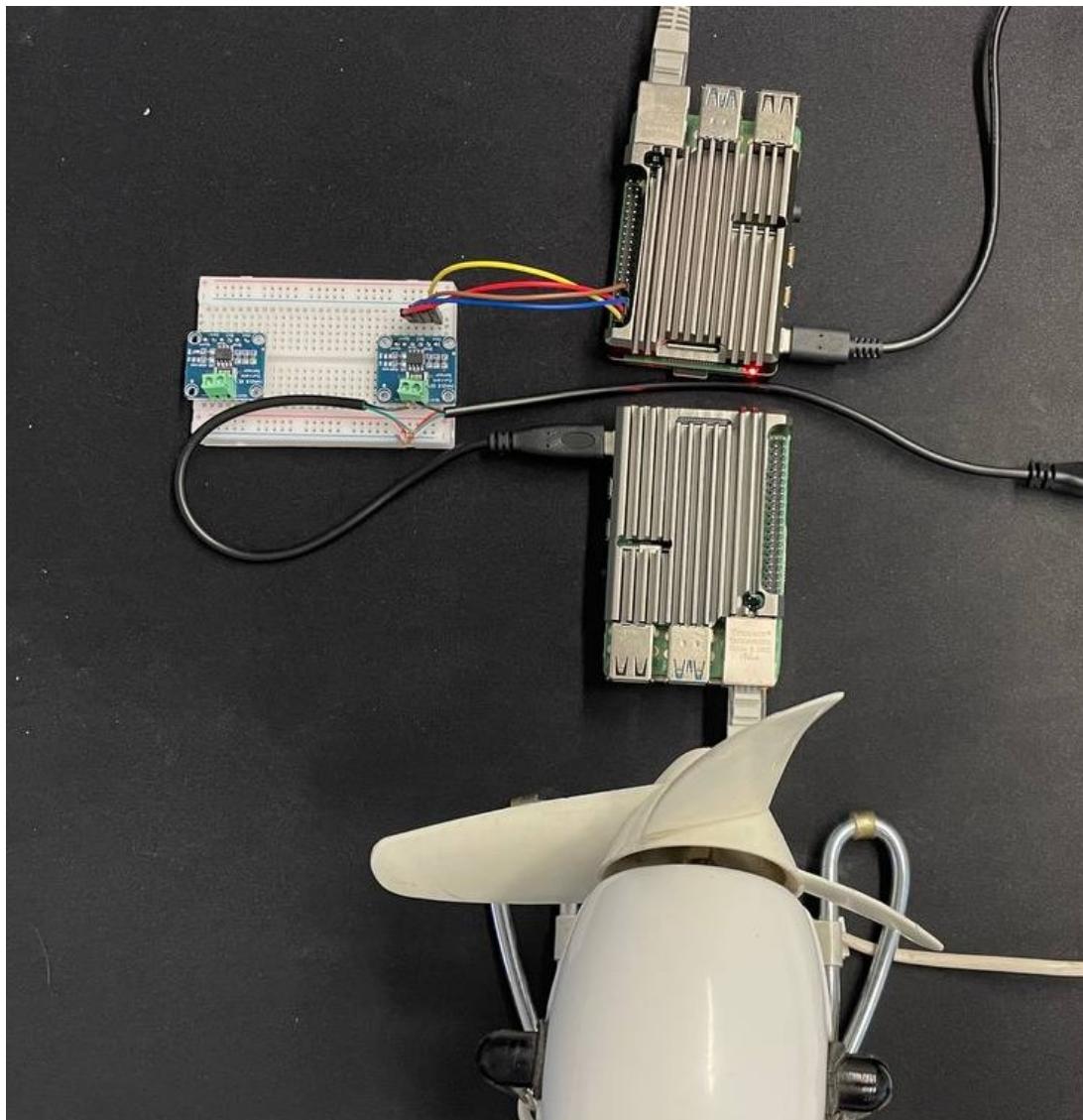


9.2. Volt



9.3. Situation finale

- A l'état final, voici à quoi ressemble la configuration, avec **Nidus** en haut et **Volt** en bas. Actuellement dû au statut de preuve de concept, l'installation est un peu chaotique, mais une fois le projet terminé, il sera possible de faire une installation plus propre.



9.4. Suite

En début de projet, il a été rapidement pensé de mettre les deux Raspberry Pi dans un boîtier, mais après réflexion et cela reste une reflexion d'actualité, en y regardant j'ai trouvé deux modèles qui domine le marché et qui sont les suivant :

9.4.1. Plaque de plexiglas avec des vis



9.4.2. Boîtier en plastique



9.4.3. Conclusion

Au niveau du choix du type de boîtier, je pense que le boîtier en plastique est plus adapté pour le projet :

1. Il est possible de mettre tout le matériel dans le boîtier.
2. Il dispose de base d'un ventilateur compatible avec le Raspberry Pi 4.
3. Il dispose d'un emplacement pour un disque dur 2.5" qui permettra de stocker les données de monitoring.
4. Il a des poignées pour le transporter facilement.

10. Shéma de principe

Le but est que **Nidus** offre tout les outil pour le monittring incluant le **MQTT**, **Node-Red**, **Gatling** et l'**INA219**. **Volt** lui ne sert que de serveur web pour le site web. Le but est de pouvoir faire des test de charge sur le site web et de pouvoir mesurer la consommation électrique du serveur web.

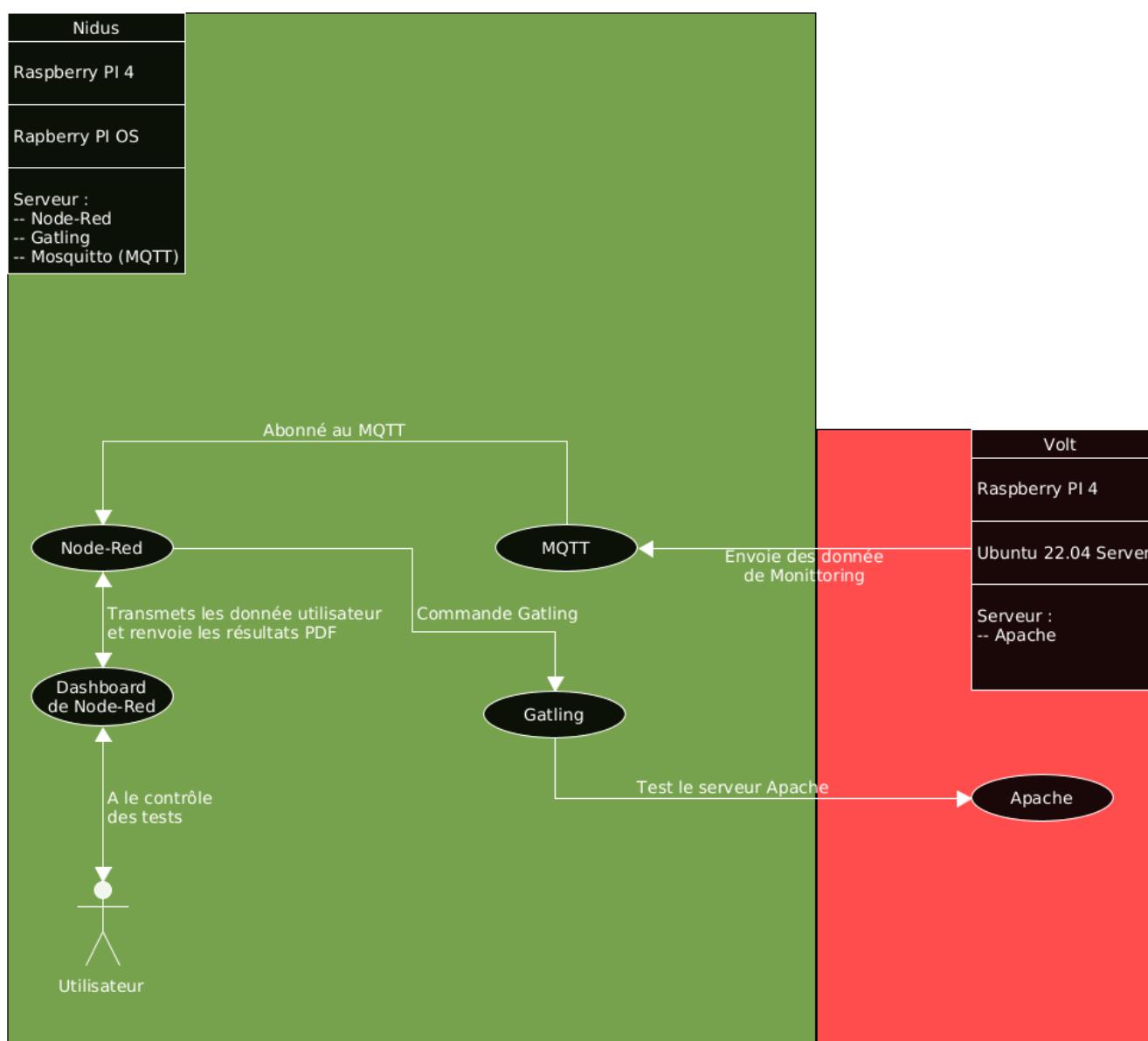
De fait toute interaction de l'utilisateur se fait avec **Nidus**.

Nidus et **Volt** envoie leurs données de monittring sur le serveur **MQTT** installé sur **Nidus**, et **Node-Red** installé sur **Nidus** récupère les données du serveur **MQTT** et les envoie dans des noeud fais pour le traiter et fournir ensuite les sorties approprié :

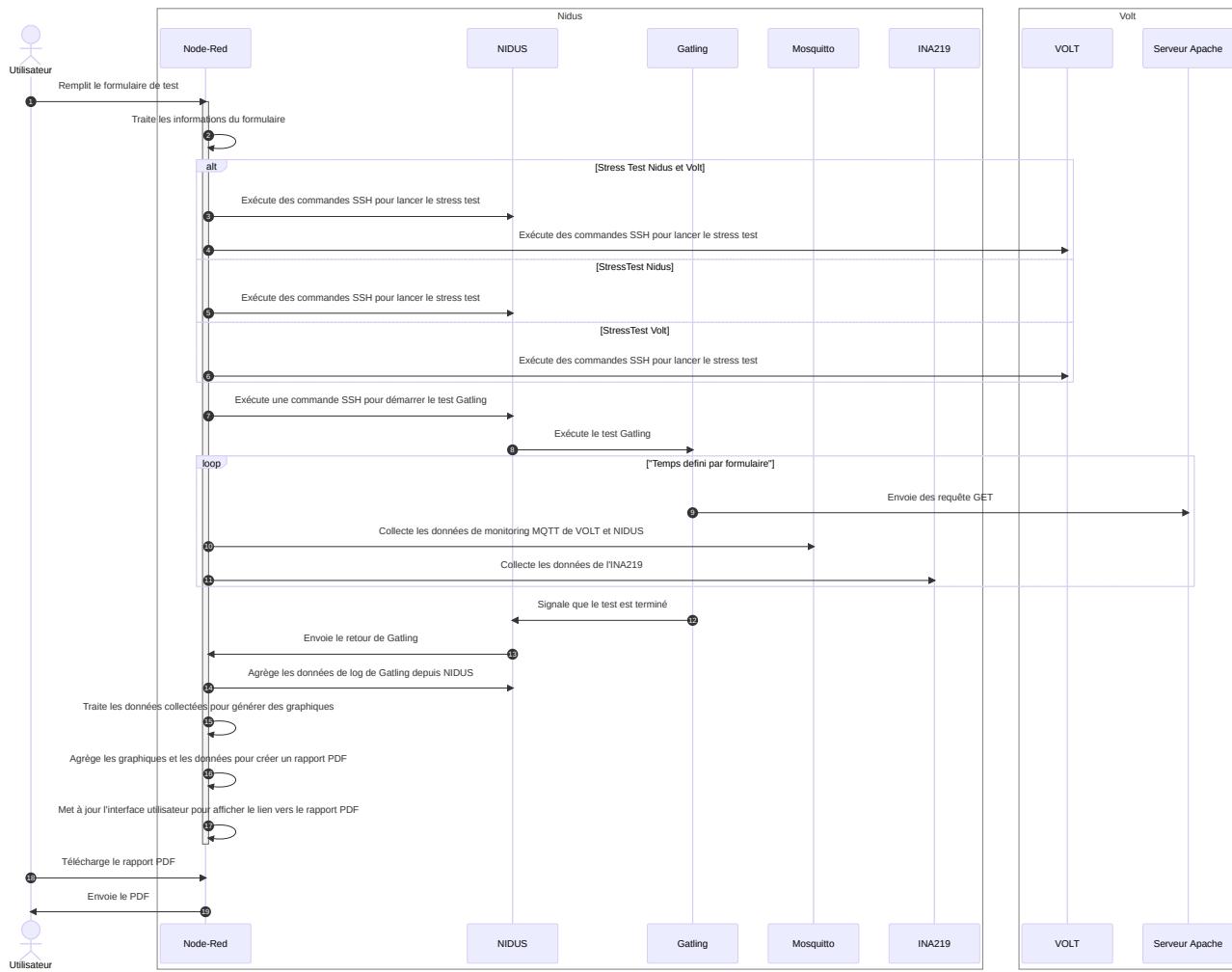
- **Dashboard** : Pour l'utilisateur
- **PDF** : Pour l'utilisateur

Nidus peut dans un second temps lancer des stresstest via **Node-Red** sur lui même et sur **Volt**. Il peut aussi lancer des stresstest sur **Volt** via **Gatling**.

10.1. Shéma de principe visuel



10.2. Diagramme de séquence



11. Systèmes d'exploitation (OS)

Dans le cadre de ce projet, plusieurs systèmes d'exploitation seront utilisés. Pour commencer, nous utiliserons Ubuntu.

11.1. Ubuntu

Ubuntu est un système d'exploitation largement utilisé pour les serveurs et les ordinateurs de bureau. Il est livré avec un ensemble d'outils de développement et de productivité, notamment un navigateur Web, un éditeur de texte, des logiciels de programmation, des outils de calcul, des jeux et des logiciels de productivité. *Ubuntu* propose un environnement de bureau léger et réactif, conçu tant pour les ordinateurs de bureau que pour les serveurs.

11.2. Raspberry Pi OS (Raspbian)

Raspbian est un système d'exploitation libre basé sur Debian, spécialement optimisé pour le Raspberry Pi. Depuis 2015, Raspbian est livré avec un ensemble d'outils appelé Pixel. Pixel offre un environnement de bureau comprenant un navigateur Web, un éditeur de texte, des logiciels de programmation, des outils de calcul, des jeux et des logiciels de productivité. Pixel est un environnement de bureau léger et réactif, conçu spécifiquement pour les ordinateurs monocarte Raspberry Pi.

Jusqu'en 2020, **Raspberry Pi OS** était connu sous le nom de **Raspbian**. Le nom a été changé pour plus de clarté et pour éviter toute confusion cependant malgré cela, ayant déjà beaucoup travaillé avec Raspbian, et le fais que les blog et rapport continue d'utiliser le nom de Raspbian, je vais me permettre de faire de même et de garder le nom de Raspbian pour le reste du rapport.

11.3. Première installation

Dans un premier temps, nous allons installer la version bureau d'Ubuntu sur Volt. Cette décision est motivée par le fait qu'il est plus simple de travailler dans un environnement de bureau pour tester rapidement tous les concepts du projet.

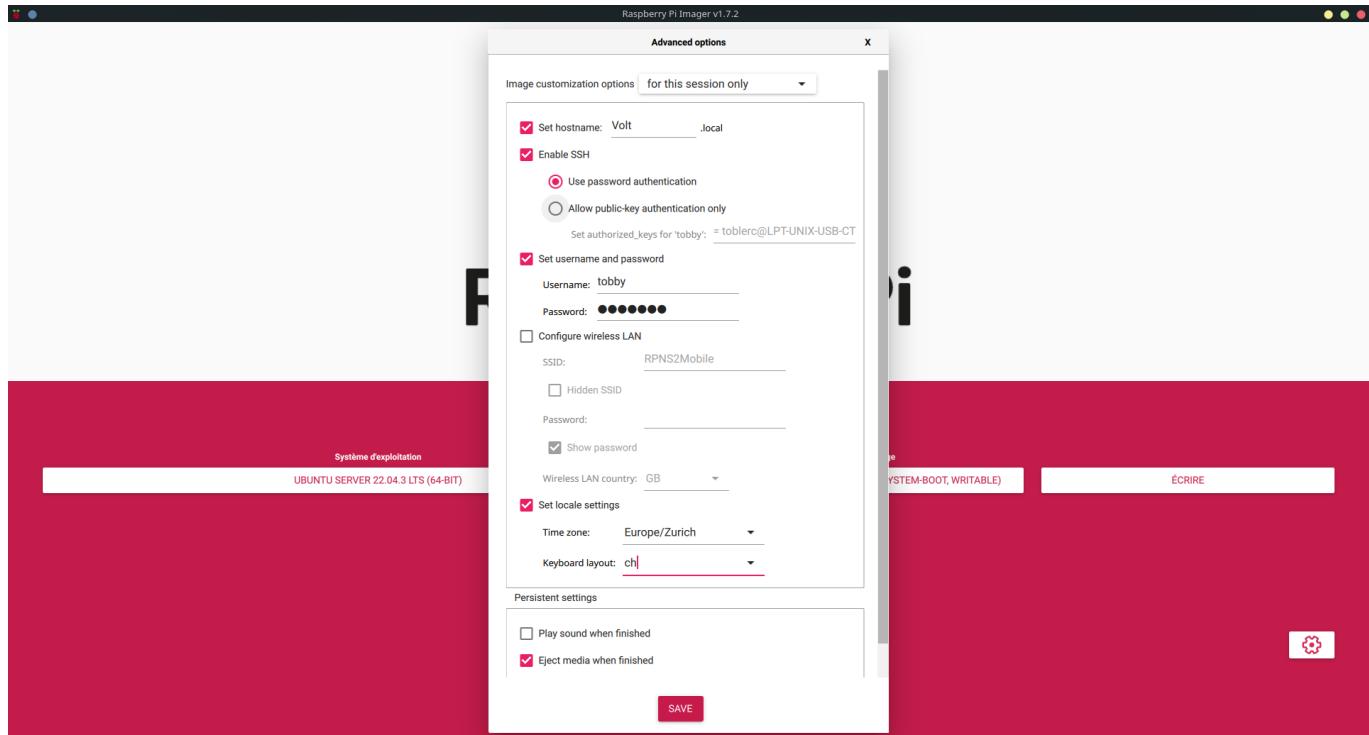
Sur Nidus, Raspbian en version bureau sera installé pour des raisons similaires à celles de Volt.

Un élément crucial à noter est que, étant donné que l'INA219 sera connecté à Nidus, il est plus pratique d'installer Raspbian sur Nidus afin d'avoir accès aux broches GPIO notamment grâce à Node-Red mieux implémenté sur Raspbian.

Dans un second temps, pour obtenir des mesures plus précises, nous installerons les versions « **core** » d'Ubuntu et de Raspbian.

- Adresse IP de **Volt** : 157.26.228.77
- Adresse IP de **Nidus** : 157.26.251.185

11.4. Seconde instalation Ubuntu Server



11.4.1. Configuration post instalation

- Première connexion en SSH

```
toblerc@LPT-UNIX-USB-CT:~$ ssh tobby@157.26.228.77
The authenticity of host '157.26.228.77 (157.26.228.77)' can't be established.
ED25519 key fingerprint is SHA256:/5raLlKqk0A4AnFwNLP9bagNS3zKE9rFPqn5vA5pc+M.
This key is not known by any other names
Are you sure you want to continue connecting (yes/no/[fingerprint])? yes
Warning: Permanently added '157.26.228.77' (ED25519) to the list of known hosts.
tobby@157.26.228.77's password:
Welcome to Ubuntu 22.04.3 LTS (GNU/Linux 5.15.0-1034-raspi aarch64)

[...]
```

- Copie des clé SSH pour permettre la connexion sans mot de passe

```
tobby@Volt:~$ cd .ssh/
tobby@Volt:~/ssh$ sudo vi authorized_keys
[sudo] password for tobby:
```

- Vérification en se déconnectant et en se reconnectant

```
tobby@Volt:~/ssh$ exit
logout
Connection to 157.26.228.77 closed.
toblerc@LPT-UNIX-USB-CT:~$ ssh tobby@157.26.228.77
Welcome to Ubuntu 22.04.3 LTS (GNU/Linux 5.15.0-1034-raspi aarch64)
[...]
Last login: Wed Aug 23 09:30:02 2023 from 157.26.215.31
```

- Mise à jour du système

```
tobby@Volt:~$ sudo apt update && sudo apt upgrade -y && sudo apt dist-upgrade -y
&& sudo apt autzo-remove -y
[sudo] password for tobby:
[...]
```

- Vérification

```
tobby@Volt:~$ sudo apt update && sudo apt upgrade -y && sudo apt dist-upgrade -y
&& sudo apt auto-remove -y
[...]
0 upgraded, 0 newly installed, 0 to remove and 0 not upgraded.
```

11.4.2. Instalation Apache

- Instalation de Apache

```
tobby@Volt:~$ sudo apt install apache2
[...]
```

Copie du site web entre la machine de développement et Volt

```
toblerc@LPT-UNIX-USB-CT:~$ scp -r /home/toblerc/Documents/ES_2024/banc-de-
mesures-de-la-consommation-electrique/siteWeb/www/html
tobby@157.26.228.77://home/tobby
[...]
toblerc@LPT-UNIX-USB-CT:~$
tobby@Volt:~$ sudo cp -r /home/tobby/html /var/www/
```

11.4.3. Script MQTT

- Copie du script MQTT depuis la machine de développement vers Volt

```
toblerc@LPT-UNIX-USB-CT:~/Documents/ES_2024/banc-de-mesures-de-la-consommation-electrique$ scp ./mqtt.sh toby@157.26.228.77:/home/tobby  
mqtt.sh  
100% 2522      1.7MB/s   00:00
```

- Copie du script MQTT dans le dossier /usr/local/bin/

```
tobby@Volt:~$ sudo cp ./mqtt.sh /usr/local/bin/
```

- Vérification

```
tobby@Volt:~$ ls -la /usr/local/bin/  
total 12  
drwxr-xr-x  2 root root 4096 Aug 23 10:26 .  
drwxr-xr-x 10 root root 4096 Aug  7 17:23 ..  
-rw-r--r--  1 root root 2522 Aug 23 10:26 mqtt.sh
```

- Execution du script

```
tobby@Volt:/usr/local/bin$ sudo ./mqtt.sh  
Installation de mosquitto-clients...  
Hit:1 http://ports.ubuntu.com/ubuntu-ports jammy InRelease  
Get:2 http://ports.ubuntu.com/ubuntu-ports jammy-updates InRelease [119 kB]  
Hit:3 http://ports.ubuntu.com/ubuntu-ports jammy-backports InRelease  
Get:4 http://ports.ubuntu.com/ubuntu-ports jammy-security InRelease [110 kB]  
Fetched 229 kB in 2s (133 kB/s)  
Reading package lists... Done  
Reading package lists... Done  
Building dependency tree... Done  
[...]  
Activation du service...  
Service activé.
```

12. I²C (Inter-Integrated Circuit)

Dans le cadre de ce projet, la communication avec l'INA219 se fera via le bus I²C. Avant de plonger dans son utilisation, il est essentiel de comprendre le fonctionnement de cette interface de communication particulière.

12.1. Bus Série Synchrone Bidirectionnel Half-Duplex

Le bus I²C, ou Inter-Integrated Circuit, est un moyen de communication série synchrone bidirectionnel half-duplex.

Cela peut sembler complexe, alors démystifions ces termes :

- **Communication Série** : La communication série signifie que les données sont transmises séquentiellement, bit par bit, sur un seul fil. Imaginez cela comme une conversation téléphonique où une personne parle à la fois, puis l'autre répond.
- **Synchronisé** : La communication sur le bus I²C est synchronisée, ce qui signifie que l'expéditeur (généralement le microcontrôleur) et le récepteur (dans notre cas, l'INA219) sont synchronisés pour transmettre et recevoir des données en utilisant une horloge partagée. Cette horloge garantit que les bits sont envoyés et reçus au bon moment, évitant ainsi toute confusion.
- **Bidirectionnel** : Le bus I²C permet la communication dans les deux sens, ce qui signifie qu'un périphérique peut envoyer et recevoir des données. C'est comme si vous pouviez parler et écouter lors d'une conversation.
- **Half-Duplex** : Le terme "half-duplex" signifie que la communication ne peut se faire que dans un seul sens à la fois. C'est similaire à une radio où vous devez appuyer sur un bouton pour parler, puis relâcher pour écouter. Vous ne pouvez pas parler et écouter en même temps.

12.2. Les Deux Câbles Essentiels : SDA et SCL

Le bus I²C se compose de deux câbles principaux :

- **SDA (Serial Data Line)** : La ligne de données série, ou SDA, est utilisée pour transmettre les données binaires entre les périphériques. C'est le fil par lequel les informations sont transmises, qu'il s'agisse de commandes pour lire des capteurs, d'envoyer des données ou de recevoir des réponses.
- **SCL (Serial Clock Line)** : La ligne d'horloge série, ou SCL, est l'horloge qui synchronise le timing des signaux de données sur la ligne SDA. En d'autres termes, le SCL dicte quand chaque bit de données est lu ou écrit.

Ces deux câbles sont les piliers de la communication I²C. Ils permettent une communication robuste et synchrone entre les périphériques connectés au bus I²C.

12.3. TWI ou TWSI

Il est important de noter que le bus I²C est également connu sous d'autres noms, selon les fabricants. Par exemple, chez certaines entreprises, il est appelé **TWI (Two Wire Interface)**, tandis que chez d'autres, il est appelé **TWSI (Two Wire Serial Interface)**. Ces noms sont interchangeables et font référence au même concept de base : une interface de communication à deux fils.

13. Node-RED

13.1. Introduction

Node-RED est un outil de programmation visuelle open source conçu pour simplifier la connectivité entre les périphériques, les **API** et les services en ligne. Il offre un éditeur de flux basé sur un navigateur, permettant de connecter des nœuds simplement en les faisant glisser et déposer. Ces nœuds peuvent s'exécuter dans un environnement **Node.js**. Ils peuvent être des fonctions **JavaScript** ou des modules **npm**(gestionnaire de paquet JavaScript), tels que node-red-contrib-gpio, node-red-contrib-sqlite, node-red-contrib-modbustcp, etc. En plus des nœuds de base, Node-RED propose une bibliothèque de plus de 2000 nœuds supplémentaires créés par la communauté et prêts à l'emploi.

13.2. Node.js

Node.js est une plateforme logicielle libre qui révolutionne le développement web en utilisant JavaScript côté serveur. Elle est conçue pour des applications réseau événementielles hautement concurrentes, tirant parti de la machine virtuelle V8 de Google et de la bibliothèque libuv. Node.js offre un environnement asynchrone idéal pour le développement de serveurs HTTP. Des entreprises de premier plan comme Netflix, Microsoft et PayPal font confiance à Node.js pour leurs projets web à grande échelle.

Node-RED repose sur Node.js en raison des avantages qu'offre cette plateforme. Node.js est connu pour sa performance exceptionnelle et son modèle asynchrone, ce qui en fait un choix idéal pour les applications réseau événementielles à haute concurrence comme Node-RED.

13.3. FlowFuse

FlowFuse est une entreprise spécialisée dans l'hébergement et le DevOps pour Node-RED. Elle permet de professionnaliser l'utilisation de Node-RED, en le sortant des projets de preuve de concept pour le déployer dans des environnements de production. FlowFuse offre des services d'hébergement sécurisé, de surveillance, de sauvegarde et de mise à l'échelle pour Node-RED, ce qui en fait une solution idéale pour les entreprises cherchant à tirer pleinement parti de cet outil puissant de programmation visuelle.

Node-RED est bien plus qu'un simple outil de prototypage. C'est une solution flexible et puissante pour la création d'applications IoT, d'automatisation domestique, de traitement des données et bien plus encore.

À terme, il serait intéressant de pouvoir utiliser FlowFuse pour héberger le projet, notamment pour permettre une meilleure scalabilité, une meilleure sécurité et une meilleure fiabilité.

Cependant, durant ce projet, je n'implémerai pas cette solution pour plusieurs raisons. La première est de permettre au plus grand nombre de pouvoir reproduire le projet. La deuxième est que FlowFuse est une solution payante, et que je ne peux pas me permettre de payer pour ce projet. La troisième est que FlowFuse est une solution qui nécessite un certain nombre de configurations, et dans l'optique de preuve de concept, je veux privilégier la simplicité et la rapidité de mise en place.

13.4. La Programmation par Flux

La programmation par flux, également connue sous le nom de programmation réactive, est un paradigme de programmation qui se différencie considérablement de la programmation orientée objet traditionnelle. Cette approche est de plus en plus populaire dans le développement de logiciels, en particulier pour la gestion d'événements asynchrones et la manipulation de flux de données en temps réel.

13.4.1. Comprendre les Flux

Dans la programmation par flux, les données sont considérées comme des flux continus plutôt que des objets statiques. Un flux est essentiellement une séquence d'événements ou de données qui peuvent être observés et réagis en temps réel. Voici quelques points importants à retenir :

- **Flux de données:** Les flux représentent des flux de données asynchrones. Les données peuvent être émises en continu ou à intervalles irréguliers.
- **Observateurs:** La programmation par flux repose sur le concept d'observateurs. Un observateur surveille un flux et réagit lorsque de nouvelles données sont disponibles.
- **Opérations sur les Flux:** Vous pouvez effectuer diverses opérations sur les flux, telles que la transformation, le filtrage et la combinaison des données. Ces opérations sont généralement non destructives, ce qui signifie que le flux d'origine reste intact.

13.4.2. Différences avec la Programmation Orientée Objet

Dans le cadre de la formation CFC et de la formation ES, nous avons principalement travaillé avec la programmation orientée objet (**POO**). La programmation par flux est un paradigme de programmation différent, qui présente plusieurs différences clés avec la **POO** :

1. **Traitement Asynchrone:** En programmation par flux, les opérations sont généralement asynchrones. Les données sont émises en continu, et les observateurs réagissent dès que de nouvelles données sont disponibles. En revanche, en **POO**, les opérations sont souvent synchrones, ce qui signifie qu'elles s'exécutent séquentiellement.
2. **Gestion des Événements:** La programmation par flux est idéale pour la gestion d'événements, comme la surveillance des capteurs en temps réel ou la gestion des interactions utilisateur. En **POO**, la gestion des événements peut être plus complexe et moins réactive.
3. **Réactivité:** La programmation par flux est intrinsèquement réactive. Elle réagit aux données au fur et à mesure de leur arrivée. En revanche, en **POO**, la réactivité dépend souvent de la mise en œuvre spécifique.

13.4.3. Conclusion

La programmation par flux est le cœur de Node-RED. Elle permet de créer des applications en assemblant des nœuds qui représentent des fonctions ou des services. Les flux de données sont gérés visuellement, ce qui rend le développement plus accessible, même pour ceux qui ne sont pas des programmeurs expérimentés. En reliant des nœuds entre eux, il est possible de spécifier comment les données doivent circuler et être transformées tout au long de l'application.

13.5. Instalation

L'instalation de Node-Red se fait via le script officiel de Node-Red. Ce script permet d'installer Node-Red et Node.js, de configurer Node-Red et de l'activer comme service.

Qui plus est on peut définir des utilisateurs et des mots de passe pour sécuriser Node-Red.

```
tobby@Nidus:~ $ bash <(curl -sL https://raw.githubusercontent.com/node-red/linux-installers/master/deb/update-nodejs-and-nodered)
Running Node-RED install for user toby at /home/tobby on debian
```

This can take 20-30 minutes on the slower Pi versions - please wait.

Stop Node-RED	✓
Remove old version of Node-RED	✓
Remove old version of Node.js	✓
Install Node.js 18 LTS	✓ v18.17.1 Npm 9.6.7
Clean npm cache	✓
Install Node-RED core	✓ 3.0.2
Move global nodes to local	-
Npm rebuild existing nodes	✓
Install extra Pi nodes	✓
Add shortcut commands	✓
Update systemd script	✓

[...]

Would you like to customise the settings now (y/N) ? y

```
Node-RED Settings File initialisation
=====
This tool will help you create a Node-RED settings file.
```

✓ Settings file . /home/tobby/.node-red/settings.js

User Security

=====

✓ Do you want to setup user security? . Yes
✓ Username . Tobby
✓ Password . *****
✓ User permissions . full access
✓ Add another user? . Yes
✓ Username . FMA
✓ Password . ***** (Pa\$\$w.rd)
✓ User permissions . read-only access
✓ Add another user? . Yes
✓ Username . BVI
✓ Password . ***** (Pa\$\$w.rd)
✓ User permissions . read-only access
✓ Add another user? . No

[...]

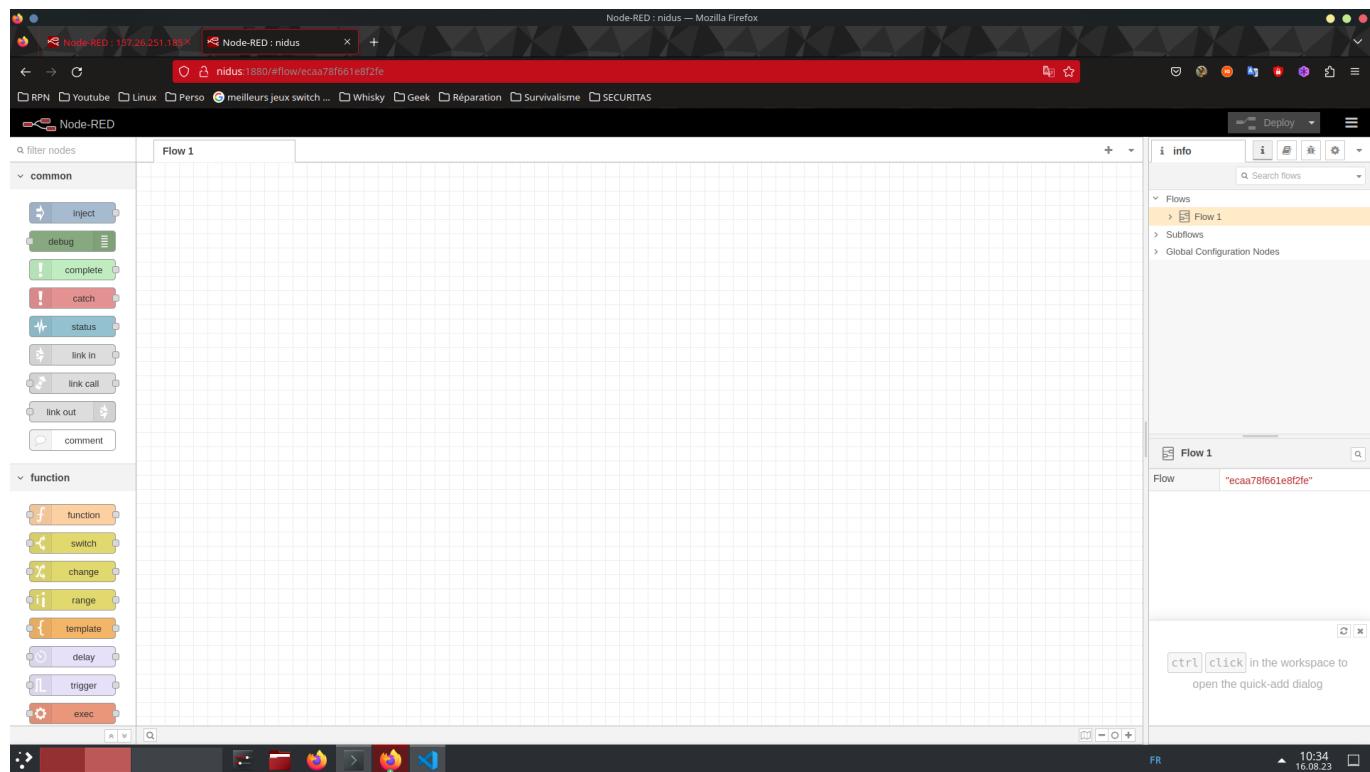
- Activation de Node-Red comme service

```
tobby@Nidus:~ $ sudo systemctl enable nodered.service
Created symlink /etc/systemd/system/multi-user.target.wants/nodered.service →
/lib/systemd/system/nodered.service.
```

- Vérification

Une fois l'installation terminé, il est possible de vérifier que Node-Red est bien installé et qu'il fonctionne correctement.

Pour ce faire je vais simplement me connecter à l'interface web de Node-Red.

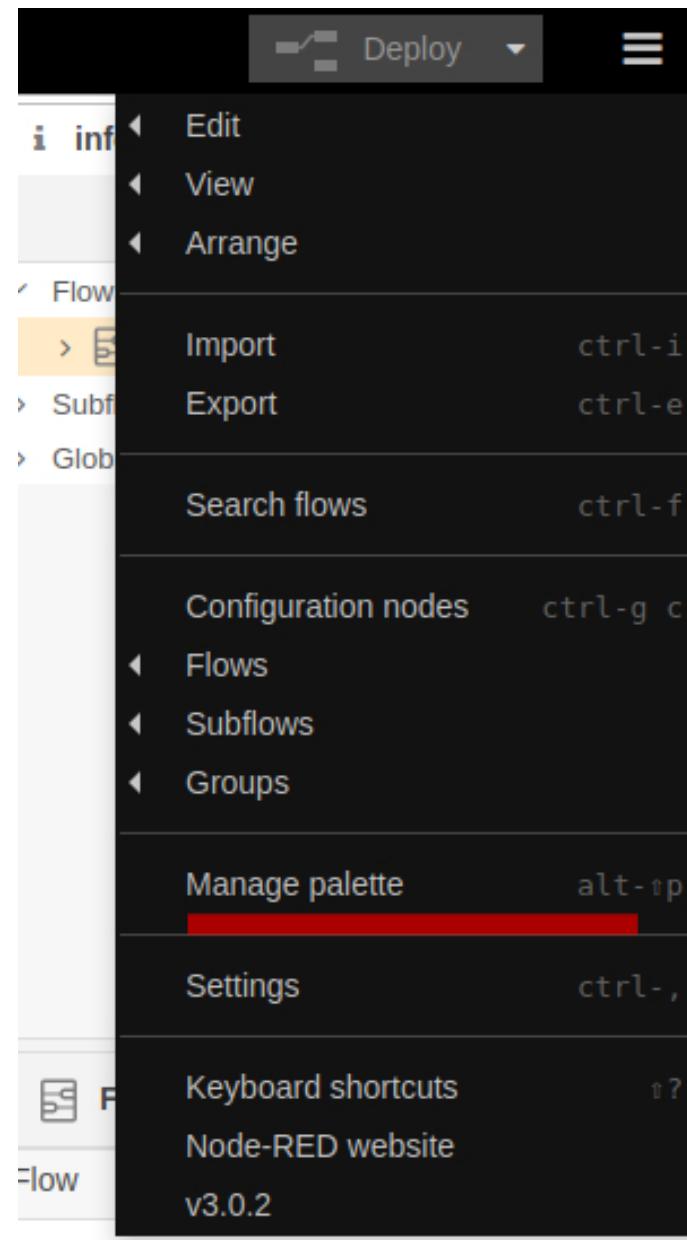


13.6. Configuration

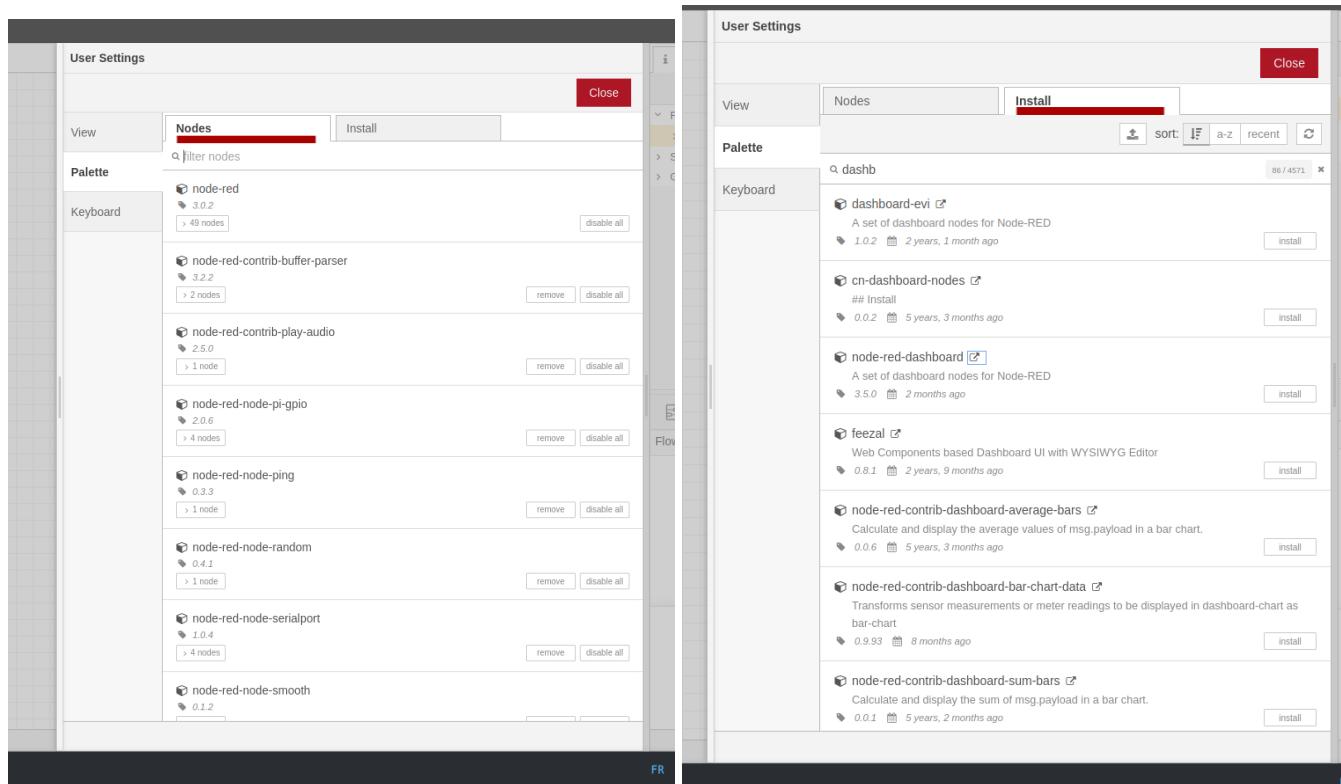
13.6.1. Installation des plugins

Les plugins ou palette de Node-Red permettent d'ajouter des fonctionnalité à Node-Red. C'est vraiment un aspect important de Node-Red car il permet d'ajouter des fonctionnalité sans avoir à les programmer soit même. On peut donc gagner un temps énorme en utilisant les palettes.

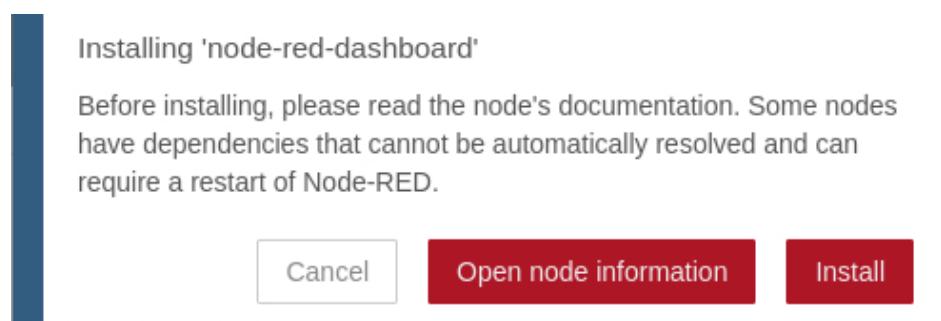
- Pour commencer, sur la page d'accueil de Node-Red, il faut cliquer sur le menu en haut à droite, puis sur « Manage palette ».



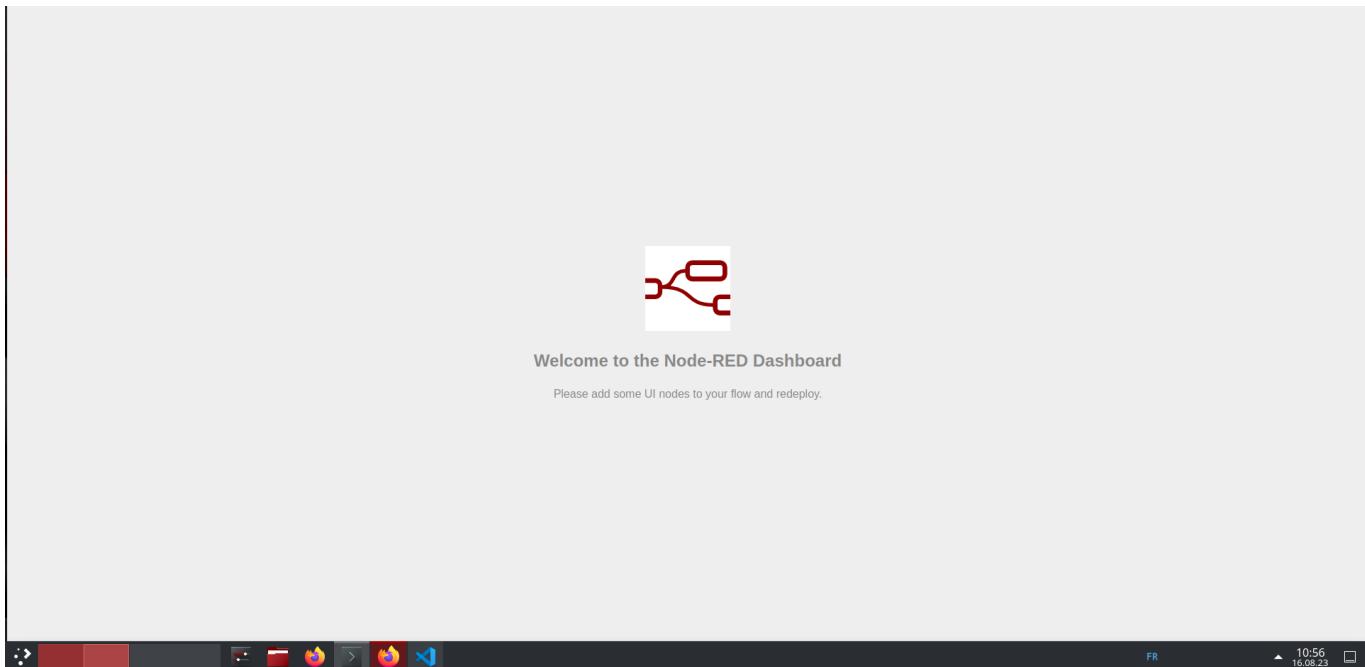
- Une fois sur la page de gestion des palettes, il y a deux pages, une pour les palettes installées et une pour les palettes disponibles. Pour installer une palette, il suffit de la chercher dans la page Install en haut à droite puis soit de défiler jusqu'à la palette souhaitée, soit de la chercher dans la barre de recherche. Une fois la palette trouvée, il suffit de cliquer sur le bouton « install ». Dans ce cas, j'installe la palette « node-red-dashboard » qui permet de créer des dashboard pour Node-Red.



- Une fois la procédure lancée, une popup s'ouvre pour confirmer l'installation de la palette. Il suffit de cliquer sur « install » ou sur "Open node information" pour avoir plus d'information sur la palette.



- Pour finir, après l'instalation de la palette, on peut vérifier si l'intallation c'est bien passé en ouvrant dans un nouvel onglet le dashboard de Node-Red. Pour ce faire, il faut aller sur l'adresse de Node-Red le <http://Hostname:1880> et ajouter [/ui](#) à la fin de l'adresse. Dans mon cas, l'adresse est <http://nidus.s2.rpn.ch:1880/ui>.



13.6.2. Sécurisation de Node-Red

Pour sécuriser Node-Red, il convient de modifier le fichier `settings.js`. Dans notre cas, nous utilisons la commande `node-red admin init`, ce qui permet, par exemple, de créer des paires utilisateur/mot de passe.

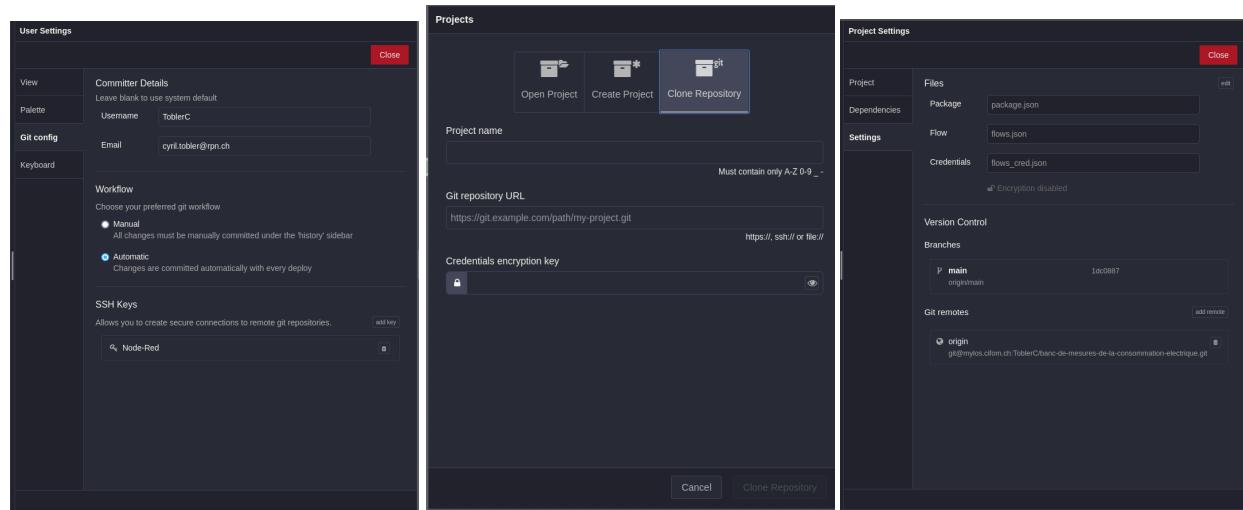
13.6.3. Sécurisation du Dashboard

Pour des raisons de sécurité, il est nécessaire de sécuriser le Dashboard. Pour ce faire, il faut modifier le fichier `settings.js` et décommenter les lignes suivantes puis les modifier, de la même manière que les `adminAuth` :

```
/** To password protect the node-defined HTTP endpoints (httpNodeRoot),
 * including node-red-dashboard, or the static content (httpStatic), the
 * following properties can be used.
 * The `pass` field is a bcrypt hash of the password.
 * See http://nodered.org/docs/security.html#generating-the-password-hash
 */
httpNodeAuth:
{user: "user", pass: "$2b$08$.uHgpN7VE5BhIID1ycxRC.5uyM5xwaTw0Q0NFUxzy0G3UMQ.iXPWK"}
,'
```

13.6.4. Suivi Git

Afin de suivre le projet sur Git, il est nécessaire de configurer un utilisateur, générer des clés SSH, puis effectuer un *clone* du projet.



Comme il s'agit d'un *clone*, il faudra ajouter les fichiers manquants et ajuster les droits d'accès en tout cas pour l'initialisation.

```
tobby@Nidus:~/.node-red/projects/banc-de-mesures-de-la-consommation-electrique $  
touch ~/.node-red/projects/banc-de-mesures-de-la-consommation-  
electrique/flows_cred.json  
tobby@Nidus:~/.node-red/projects/banc-de-mesures-de-la-consommation-electrique $  
chmod 600 ~/.node-red/projects/banc-de-mesures-de-la-consommation-  
electrique/flows_cred.json
```

14. Gatling

Gatling est un outil de test de charge open source basé sur Scala, conçu pour évaluer les performances des applications et des sites Web. Gatling simule des utilisateurs virtuels qui envoient des requêtes HTTP vers le système cible. Il enregistre les temps de réponse des requêtes et les présente sous forme de graphiques. Gatling est doté d'un éditeur de scénarios basé sur navigateur, permettant aux utilisateurs de créer des scénarios de test de charge à l'aide d'un langage de domaine spécifique (DSL) appelé *Gatling DSL*. Ce langage, basé sur Scala, permet de définir des scénarios de test de charge à l'aide de mots-clés tels que `exec`, `pause`, `feed`, etc.

La version la plus récente de Gatling est la 3.9.5, compatible avec Java 8 et Java 11. Dans ce projet, nous opterons pour Java 11 pour exécuter Gatling.

14.1. Installation

14.1.1. Prerequisites

- Installation de Java 11

```
tobby@Nidus:~ $ sudo apt install default-jdk
```

- Vérification de la version de Java

```
tobby@Nidus:~/.node-red $ java -version
openjdk version "11.0.18" 2023-01-17
OpenJDK Runtime Environment (build 11.0.18+10-post-Debian-1deb11u1)
OpenJDK 64-Bit Server VM (build 11.0.18+10-post-Debian-1deb11u1, mixed mode)
```

14.1.2. Download

- Création du répertoire d'installation

```
tobby@Nidus:~ $ mkdir .gatling
```

- Vérification de la création du répertoire

```
tobby@Nidus:~ $ ls -la
total 104
drwxr-xr-x 18 toby toby 4096 16 aoû 15:10 .
drwxr-xr-x  3 root  root 4096 16 aoû 13:58 ..
[...]
drwxr-xr-x  2 toby toby 4096 16 aoû 15:10 .gatling
[...]
```

- Téléchargement de Gatling

```
tobby@Nidus:~ $ wget -O ~/.gatling/gatling-charts-highcharts-bundle-3.9.5-
bundle.zip https://repo1.maven.org/maven2/io/gatling/highcharts/gatling-charts-
highcharts-bundle/3.9.5/gatling-charts-highcharts-bundle-3.9.5-bundle.zip
[...]
2023-08-16 15:12:47 (12.8 MB/s) - « /home/tobby/.gatling/gatling-charts-
highcharts-bundle-3.9.5-bundle.zip » sauvegardé [77080673/77080673]
```

- Dézippage de Gatling

```
tobby@Nidus:~ $ unzip ~/.gatling/gatling-charts-highcharts-bundle-3.9.5-
bundle.zip -d ~/.gatling/
Archive:  /home/tobby/.gatling/gatling-charts-highcharts-bundle-3.9.5-bundle.zip
[...]
```

- Vérification du dézippage

```
tobby@Nidus:~ $ cd .gatling/
tobby@Nidus:~/gatling $ ls -la
total 75288
drwxr-xr-x  3 toby toby      4096 16 aoû 15:12 .
drwxr-xr-x 18 toby toby      4096 16 aoû 15:10 ..
drwxr-xr-x  7 toby toby      4096 10 mai 11:19 gatling-charts-highcharts-bundle-
3.9.5
-rw-r--r--  1 toby toby 77080673 10 mai 11:19 gatling-charts-highcharts-bundle-
3.9.5-bundle.zip
tobby@Nidus:~/gatling $ cd gatling-charts-highcharts-bundle-3.9.5/
tobby@Nidus:~/gatling/gatling-charts-highcharts-bundle-3.9.5 $ ls -la
total 48
drwxr-xr-x  7 toby toby  4096 10 mai 11:19 .
drwxr-xr-x  3 toby toby  4096 16 aoû 15:12 ..
drwxr-xr-x  2 toby toby  4096 10 mai 11:19 bin
drwxr-xr-x  2 toby toby  4096 10 mai 11:19 conf
drwxr-xr-x  2 toby toby 12288 10 mai 11:19 lib
-rw-r--r--  1 toby toby 11367 10 mai 11:19 LICENSE
drwxr-xr-x  2 toby toby  4096 10 mai 11:19 results
drwxr-xr-x  5 toby toby  4096 10 mai 11:19 user-files
```

14.2. Vérification de l'installation

Pour vérifier l'installation de Gatling, j'ai simplement exécuté le script `gatling.sh` situé dans le répertoire `bin` de Gatling. Lorsque j'ai lancé ce script, Gatling a affiché un menu proposant plusieurs options. Dans mon cas, j'ai choisi l'option 1, qui permet de lancer une simulation de test de charge.

Ensuite, j'ai eu la possibilité de choisir la simulation à exécuter, comme il n'y a qu'une seule simulation, je n'ai pas eu besoin de faire de choix supplémentaires. Cette simulation est fournie par Gatling et elle teste un serveur web de test fourni par Gatling.

```
tobby@Nidus:~/./gatling/gatling-charts-highcharts-bundle-3.9.5/bin $ ./gatling.sh
GATLING_HOME is set to /home/tobby/.gatling/gatling-charts-highcharts-bundle-
3.9.5
Do you want to run the simulation locally, on Gatling Enterprise, or just package
it?
Type the number corresponding to your choice and press enter
[0] <Quit>
[1] Run the Simulation locally
[2] Package and upload the Simulation to Gatling Enterprise Cloud, and run it
there
[3] Package the Simulation for Gatling Enterprise
[4] Show help and exit
1
août 16, 2023 4:28:28 PM java.util.prefs.FileSystemPreferences$1 run
INFO: Created user preferences directory.
computerdatabase.ComputerDatabaseSimulation is the only simulation, executing it.
Select run description (optional)
InstallVerif
Simulation computerdatabase.ComputerDatabaseSimulation started...
[...]
Simulation computerdatabase.ComputerDatabaseSimulation completed in 17 seconds
Parsing log file(s)...
Parsing log file(s) done
Generating reports...

=====
---- Global Information -----
> request count                                108 (OK=105   KO=3   )
> min response time                            108 (OK=108   KO=111   )
> max response time                            1563 (OK=1563  KO=114   )
> mean response time                           162 (OK=163   KO=112   )
> std deviation                               168 (OK=170   KO=1    )
> response time 50th percentile                115 (OK=115   KO=112   )
> response time 75th percentile                120 (OK=121   KO=113   )
> response time 95th percentile                351 (OK=352   KO=114   )
> response time 99th percentile                620 (OK=620   KO=114   )
> mean requests/sec                          6.353 (OK=6.176 KO=0.176 )
---- Response Time Distribution -----
> t < 800 ms                                    104 ( 96%)
> 800 ms <= t < 1200 ms                      0 ( 0%)
> t >= 1200 ms                                 1 ( 1%)
> failed                                       3 ( 3%)
---- Errors -----
> status.find.is(201), but actually found 200          3 (100,0%)
=====

Reports generated in 0s.
Please open the following file: file:///home/tobby/.gatling/gatling-charts-
highcharts-bundle-3.9.5/results/computerdatabasesimulation-
20230816142907884/index.html
```

14.3. Scripts

Pour Gatling, j'ai d'abord choisi le Java comme language de programmation mais je me suis tournée ensuite vers le Scala car il est plus adapté à Gatling. J'ai donc créé un script Scala qui permet de faire un test de charge sur le site web. Ce script est très simple, il se contente de faire une requête GET sur les différentes pages du site. Il est possible de modifier le nombre d'utilisateur et le temps de test dans le script. J'ai aussi créé un script bash qui permet de lancer le script Scala.

```
import io.gatling.core.Predef._
import io.gatling.http.Predef._
import scala.concurrent.duration._

class CuriusTREx_Bash extends Simulation {

    val httpProtocol = http
        .baseUrl("http://volt.s2.rpn.ch") // Il s'agit de l'adresse du site web
        .inferHtmlResources() // Permet de récupérer les ressources HTML
        .acceptHeader("image/avif,image/webp,*/*") // Accepte les images
        .acceptEncodingHeader("gzip, deflate") // Accepte la compression
        .acceptLanguageHeader("fr,fr-FR;q=0.8,en-US;q=0.5,en;q=0.3") // Accepte les langues
        .userAgentHeader("Mozilla/5.0 (X11; Ubuntu; Linux x86_64; rv:109.0) Gecko/20100101 Firefox/114.0") // User Agent

    val headers_0 = Map(
        "Accept" -> "text/css,*/*;q=0.1",
        "If-Modified-Since" -> "Thu, 17 Aug 2023 08:18:41 GMT",
        "If-None-Match" -> "\"dc3-6031a0f5b4a47-gzip\""
    )

    val headers_1 = Map(
        "Accept" ->
            "text/html,application/xhtml+xml,application/xml;q=0.9,image/avif,image/webp,*/*;q=0.8",
        "Upgrade-Insecure-Requests" -> "1"
    )

    val headers_4 = Map(
        "If-Modified-Since" -> "Thu, 17 Aug 2023 07:26:33 GMT",
        "If-None-Match" -> "\"164ac-6031954e8df3b\""
    )

    val headers_6 = Map(
        "If-Modified-Since" -> "Thu, 17 Aug 2023 07:26:33 GMT",
        "If-None-Match" -> "\"14c4c-6031954e8cf9b\""
    )

    val headers_7 = Map(
        "Accept" ->
            "text/html,application/xhtml+xml,application/xml;q=0.9,image/avif,image/webp,*/*;q=0.8",
        "If-Modified-Since" -> "Thu, 17 Aug 2023 08:08:51 GMT",
        "If-None-Match" -> "\"2129-60319ec28bede-gzip\"",
        "Upgrade-Insecure-Requests" -> "1"
    )

    val scn = scenario("CuriusTREx")
        .exec(
            http("request_0")
                .get("/styles.css")
                .headers(headers_0)
        )
        // Start
        .exec(

```

```
http("request_1")
    .get("/contact.html")
    .headers(headers_1)
)
.exec(
    http("request_2")
        .get("/about.html")
        .headers(headers_1)
        .resources(
            http("request_3")
                .get("/capture/Home.jpg"),
            http("request_4")
                .get("/capture/Test_Complet.jpg")
                .headers(headers_4),
            http("request_5")
                .get("/capture/Donn%C3%A9es.jpg"),
            http("request_6")
                .get("/capture/Test.jpg")
                .headers(headers_6)
        )
)
.exec(
    http("request_7")
        .get("/about.html")
        .headers(headers_7)
)
.exec(flushHttpCache)
.exec(flushSessionCookies)
.exec(flushCookieJar)

val nbUsers = java.lang.Long.getLong("users", 1).toDouble
val myRamp = java.lang.Long.getLong("ramp", 0)
println(s"Nombre d'utilisateurs : $nbUsers")
println(s"Temps de montée : $myRamp")

setUp scn.inject(constantUsersPerSec(nbUsers).during(myRamp
seconds))).protocols(httpProtocol)
}
```

15. Apache et Site Web

Durant ce projet, il fallais un site web simple pour avoir une cible pour Gatling, de fais j'ai choisi le système le plus utilisée et le plus bas niveau a savoir trois page HTML une page de style CSS soutenue pas un serveur Apache.

15.1. Installation

Pour installer et activé Apache, il suffit d'exécuter les commandes suivantes :

```
sudo apt install apache2  
sudo systemctl enable apache2
```

- Vérification de l'installation

```
sudo systemctl status apache2
```

15.2. Mise en place d'un site Web

J'ai crée un site web très simple reprenant le readme du projet. Et il comporte trois pages ainsi que du CSS.

En premier lieu je le copie donc sur le serveur web avec la commande suivante :

```
scp -r /home/toblerc/Documents/ES_2024/banc-de-mesures-de-la-consommation-electrique/siteWeb/www/html toby@Volt:/var/www/html/
```

16. MQTT

Le MQTT, ou **Message Queuing Telemetry Transport**, est un protocole de messagerie exceptionnellement léger qui repose sur le protocole **TCP/IP**. Sa conception vise à répondre aux besoins des appareils dotés de ressources limitées en termes de calcul et de bande passante, en faisant un choix privilégié pour l'Internet des objets (**IoT**). L'architecture de ce protocole repose sur le principe fondamental de publication et d'abonnement.

Au cœur du MQTT se trouve un élément essentiel : le **broker MQTT**. Celui-ci joue le rôle de médiateur en recevant les messages émis par les clients puis en les diffusant aux clients abonnés.

Le protocole MQTT s'appuie sur le protocole TCP/IP et utilise deux ports principaux : le port 1883 pour les communications non sécurisées et le port 8883 pour les communications sécurisées. La sécurité des communications MQTT est assurée par le protocole TLS/SSL.

Il existe deux catégories de clients MQTT : les clients légers et les clients complets. Les clients MQTT légers ne prennent pas en charge le protocole **TLS/SSL**, tandis que les clients MQTT complets le prennent en charge. Les clients MQTT légers sont fréquemment utilisés pour les dispositifs IoT en raison de leur faible empreinte mémoire et de leur simplicité, tandis que les clients MQTT complets sont davantage adaptés aux applications de bureau.

Ma décision d'utiliser MQTT découle de mon expérience antérieure. J'ai eu l'occasion d'employer ce protocole lors de mon travail de diplôme pour mon CFC. À l'époque, j'utilisais MQTT pour l'échange de données entre un Raspberry Pi et les puces de développement de **Microchip**. Cette expérience m'a permis de développer une solide compréhension de MQTT.

En utilisant le MQTT, nous évitons la complexité liée au transfert de requêtes via SSH ainsi que l'utilisation de clés SSH. Cela se traduit par un gain significatif en termes de performances et de sécurité. Sur le plan des performances, MQTT se distingue par sa légèreté, étant environ dix fois plus léger que SSH. Cette légèreté en fait un choix judicieux pour la transmission de données de consommation.

Au niveau du soft que j'ai choisi de mettre en place, il s'agit de **Mosquitto**, un broker MQTT open source. Il est disponible sur les dépôts officiels de Debian, ce qui facilite son installation. De plus, il est très simple à configurer et j'ai déjà eu l'occasion de l'utiliser dans le cadre de mon travail de diplôme de CFC.

16.1. Installation de Mosquitto sur Nidus

- Installation du paquet Mosquitto

```
tobby@Nidus:~/.ssh $ sudo apt install mosquitto
Lecture des listes de paquets... Fait
[...]
```

- Vérification du status de Mosquitto

```
tobby@Nidus:~/.ssh $ sudo systemctl status mosquitto
● mosquitto.service - Mosquitto MQTT Broker
    Loaded: loaded (/lib/systemd/system/mosquitto.service; enabled; vendor
preset: enabled)
      Active: active (running) since Tue 2023-08-22 16:01:58 CEST; 7s ago
        Docs: man:mosquitto.conf(5)
               man:mosquitto(8)
    Process: 22571 ExecStartPre=/bin/mkdir -m 740 -p /var/log/mosquitto
(code=exited, status=0/SUCCESS)
    Process: 22572 ExecStartPre=/bin/chown mosquitto /var/log/mosquitto
(code=exited, status=0/SUCCESS)
    Process: 22573 ExecStartPre=/bin/mkdir -m 740 -p /run/mosquitto (code=exited,
status=0/SUCCESS)
    Process: 22574 ExecStartPre=/bin/chown mosquitto /run/mosquitto (code=exited,
status=0/SUCCESS)
   Main PID: 22575 (mosquitto)
     Tasks: 1 (limit: 3933)
       CPU: 42ms
      CGroup: /system.slice/mosquitto.service
              └─22575 /usr/sbin/mosquitto -c /etc/mosquitto/mosquitto.conf

aoû 22 16:01:58 Nidus systemd[1]: Starting Mosquitto MQTT Broker...
aoû 22 16:01:58 Nidus systemd[1]: Started Mosquitto MQTT Broker.
```

16.2. Ouverture des port sur Nidus

Pour que le broker MQTT soit accessible depuis l'extérieur, il faut ouvrir les ports **1883** sur Nidus. Dans le fichier de configuration de Mosquitto, il faut aussi autoriser les connexions anonymes.

Il faut donc modifier le fichier de conf comme suit :

```
tobby@Nidus:~ $ sudo vim /etc/mosquitto/mosquitto.conf
```

- Vérification du fichier de conf

```
tobby@Nidus:~ $ sudo cat /etc/mosquitto/mosquitto.conf
# Place your local configuration in /etc/mosquitto/conf.d/
#
# A full description of the configuration file is at
# /usr/share/doc/mosquitto/examples/mosquitto.conf.example

pid_file /run/mosquitto/mosquitto.pid

persistence true
persistence_location /var/lib/mosquitto/

log_dest file /var/log/mosquitto/mosquitto.log

include_dir /etc/mosquitto/conf.d

listener 1883
allow_anonymous true
```

16.3. Script MQTT

J'ai développé un script MQTT relativement sophistiqué, spécialement conçu pour publier efficacement les données de consommation sur le broker MQTT. Ce script, lors du démarrage de la machine, s'exécute en boucle continue, assurant ainsi une collecte et une publication régulières de ces données. Son objectif principal est d'optimiser les performances tout en garantissant la fiabilité du processus.

Comme nous l'avons évoqué à plusieurs reprises, l'objectif de ce banc de test est de minimiser les exigences envers Volt. Idéalement, il devrait être possible de simplement flasher une image sur une carte SD, de l'insérer dans Volt, et de connecter le banc de test sans contraintes majeures liées à un système d'exploitation spécifique ou à une configuration particulière.

Cependant, il est presque impossible de créer un système entièrement "plug and play". Par conséquent, le script ci-dessous accomplit une tâche cruciale en mettant en place toutes les dépendances et configurations nécessaires pour assurer le bon fonctionnement du script et l'envoi réussi des données vers le broker MQTT.

16.3.1. Script

```
#!/bin/bash
### BEGIN INIT INFO
# Provides: mqtt
# Required-Start: $remote_fs $syslog
# Required-Stop: $remote_fs $syslog
# Default-Start: 2 3 4 5
# Default-Stop: 0 1 6
# Short-Description: Script MQTT de collecte de données
# Description: Ce script collecte la charge CPU, la charge RAM
# et le nombre de processus, puis publie ces données
# sur un broker MQTT.
### END INIT INFO

# Pour ajouter les droits d'exécution :
# chmod +x mqtt.sh
# Pour le copier depuis Nidus vers Volt :
# scp ./mqtt.sh toobby@volt:/usr/local/bin/mqtt.sh
# Emplacement du script (doit être dans /usr/local/bin)
INSTALL_DIR="/usr/local/bin" # Nom du script
SCRIPT_NAME="mqtt.sh" # Adresse du broker MQTT
MQTT_BROKER="nidus" # Sujets MQTT pour les différentes données
MQTT_TOPIC_CPU="benchmark/cpu"
MQTT_TOPIC_RAM="benchmark/ram"
MQTT_TOPIC_PROCESSES="benchmark/processes"

# Vérification si le script est dans le bon dossier d'installation
if [ "$(dirname "$(readlink -f "$0")")" != "$INSTALL_DIR" ]; then
    echo "Erreur : Le script doit être installé dans $INSTALL_DIR"
    exit 1
fi

# Vérification et installation des dépendances (mosquitto-clients)
if ! command -v mosquitto_pub &> /dev/null; then
    echo "Installation de mosquitto-clients..."
    sudo apt-get update
    sudo apt-get install mosquitto-clients
    echo "Installation terminée."
fi

# Vérification si le lien symbolique vers init.d existe
if [ ! -e "/etc/init.d/$SCRIPT_NAME" ]; then
    echo "Création du lien symbolique dans /etc/init.d..."
```

```
sudo ln -s "$INSTALL_DIR/$SCRIPT_NAME" "/etc/init.d/$SCRIPT_NAME"
echo "Lien symbolique créé."
fi

# Vérification et activation du service init.d
if ! sudo service "$SCRIPT_NAME" status &> /dev/null; then
    echo "Activation du service..."
    sudo update-rc.d "$SCRIPT_NAME" defaults
    echo "Service activé."
fi

# Boucle principale pour la collecte et la publication des données
while true; do
    # Collecte des données
    CPU_LOAD=$(top -bn1 | grep "Cpu(s)" | awk '{print $2 + $4}')
    RAM_LOAD=$(free | awk '/Mem/{printf("%.2f\n", $3/$2*100)}')
    PROCESS_COUNT=$(ps aux | wc -l)

    # Publication des données sur MQTT
    mosquitto_pub -h $MQTT_BROKER -t $MQTT_TOPIC_CPU -m "$CPU_LOAD"
    mosquitto_pub -h $MQTT_BROKER -t $MQTT_TOPIC_RAM -m "$RAM_LOAD"
    mosquitto_pub -h $MQTT_BROKER -t $MQTT_TOPIC_PROCESSES -m "$PROCESS_COUNT"

    echo "Données publiées sur MQTT"
    sleep 1 # Attente d'une seconde
done
```

16.3.2. Description détaillée du script

Le script commence par vérifier si l'emplacement d'installation est correct, s'assurant qu'il est placé dans le répertoire défini par **INSTALL_DIR**. Ensuite, il vérifie la présence et l'installation des dépendances requises, notamment **mosquitto-clients**, en l'installant si nécessaire.

Une autre vérification importante concerne l'existence d'un lien symbolique vers **/etc/init.d**, qui est nécessaire pour exécuter le script au démarrage de la machine. Si le lien symbolique n'existe pas, le script le crée.

Ensuite, le script s'assure que le service init.d correspondant est activé. Si ce n'est pas le cas, il active le service en utilisant la commande **update-rc.d**.

La section la plus importante du script est la boucle principale, où les données de consommation sont collectées et publiées en continu sur le broker MQTT. Pour chaque itération de la boucle, les taux de charge CPU, de charge RAM et le nombre de processus en cours sont mesurés et enregistrés.

Ces données sont ensuite publiées sur le broker MQTT à l'aide de la commande **mosquitto_pub**. Chaque type de données est publié sur un sujet MQTT spécifique (**\$MQTT_TOPIC_CPU**, **\$MQTT_TOPIC_RAM**, **\$MQTT_TOPIC_PROCESSES**), ce qui permet de les organiser de manière claire.

Le script affiche également un message indiquant que les données ont été publiées sur MQTT, et ensuite attend une seconde avant de reprendre une nouvelle itération de la boucle.

16.3.3. Conclusion

Ce script MQTT élaboré et bien structuré offre un moyen efficace de collecter et de publier les données de consommation sur le broker **MQTT**. Son fonctionnement en boucle continue, combiné à des vérifications et des actions préliminaires, garantit une gestion fiable et optimisée des données, contribuant ainsi à la réussite globale du projet.

16.4. Installation

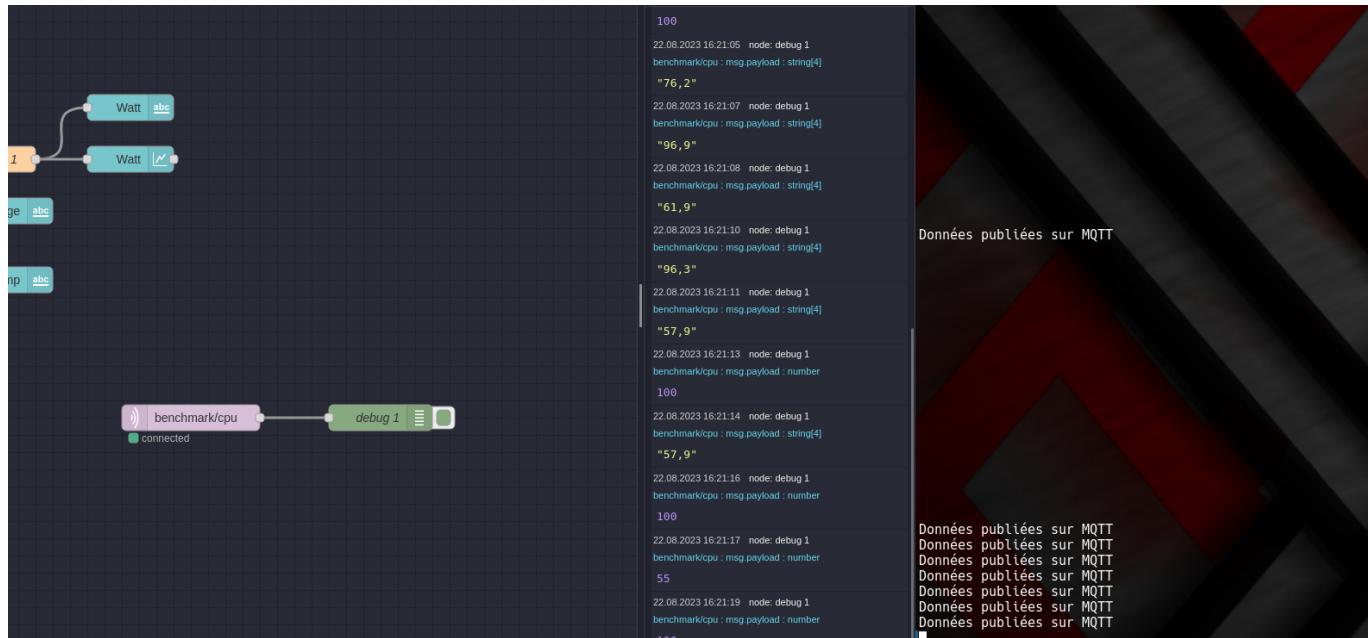
Pour installer le script, je réalise un **scp** depuis mon poste vers Nidus.

```
toblerc@LPT-UNIX-USB-CT:~/Documents/ES_2024/banc-de-mesures-de-la-consommation-electrique$ scp ./mqtt.sh toby@volt:/usr/local/bin/mqtt.sh
mqtt.sh
100% 2526      2.1MB/s   00:00
```

16.5. Utilisation du script

```
tobby@Volt:/usr/local/bin$ sudo ./mqtt.sh
Installation de mosquitto-clients...
[...]
Il est nécessaire de prendre 136 ko dans les archives.
Après cette opération, 568 ko d'espace disque supplémentaires seront utilisés.
Souhaitez-vous continuer ? [0/n] 0
[...]
Installation terminée.
Création du lien symbolique dans /etc/init.d...
Lien symbolique créé.
Activation du service...
Service activé.
```

16.5.1. Vérification



17. INA219

Il est important de noter que deux puces INA219 sont utilisée dans ce projet : l'une pour la mesure proprement dite et l'autre en tant que pièce de rechange en cas de problème. Pour les différencier, nous avons avec M. Singelé effectué des soudures pour attribuer des adresses I2C spécifiques à chaque puce. L'adresse de la puce de mesure est réglée sur *0x40*, tandis que l'adresse de la puce de remplacement est réglée sur *0x41*.

17.1. GPIO

Avant toute chose il faut définir quel est la configuration des GPIO du raspberry pi utilisée et autant l'on peu se fier à la documentation de la fondation raspberry pi autant il existe une commande qui nous permet de vérifier celà et le (1) nous donne le sens de lecture:

```
tobby@Nidus:/home/NodeRed/pdf $ pinout
+-----+
| 00000000000000000000 J8  +=====
| 10000000000000000000 PoE | Net
| Wi                      10 +=====
| Fi  Pi Model 4B V1.2 oo  |
|     +---+ +---+          +===
| D|  |SoC | |RAM|          |USB3
| S|  |    | |    |          +===
| I|  +---+ +---+          |
|           |C|          +===
|           |S|          |USB2
| pwr      |hd|  |hd| |I||A|  +===
+-| ---|m0|---|m1|---|V|-----+
Revision          : c03112
SoC              : BCM2711
RAM              : 4GB
Storage          : MicroSD
USB ports        : 4 (of which 2 USB3)
Ethernet ports   : 1 (1000Mbps max. speed)
[...]

J8:
  3V3  (1) (2)  5V
  GPIO2 (3) (4)  5V
  GPIO3 (5) (6) GND
  GPIO4 (7) (8) GPIO14
  GND   (9) (10) GPIO15
  GPIO17 (11) (12) GPIO18
  GPIO27 (13) (14) GND
  GPIO22 (15) (16) GPIO23
  3V3 (17) (18) GPIO24
  GPIO10 (19) (20) GND
  GPIO9  (21) (22) GPIO25
  GPIO11 (23) (24) GPIO08
  GND   (25) (26) GPIO07
  GPIO0  (27) (28) GPIO01
  GPIO5 (29) (30) GND
  GPIO6 (31) (32) GPIO012
  GPIO13 (33) (34) GND
  GPIO19 (35) (36) GPIO016
  GPIO26 (37) (38) GPIO020
  GND   (39) (40) GPIO021
```

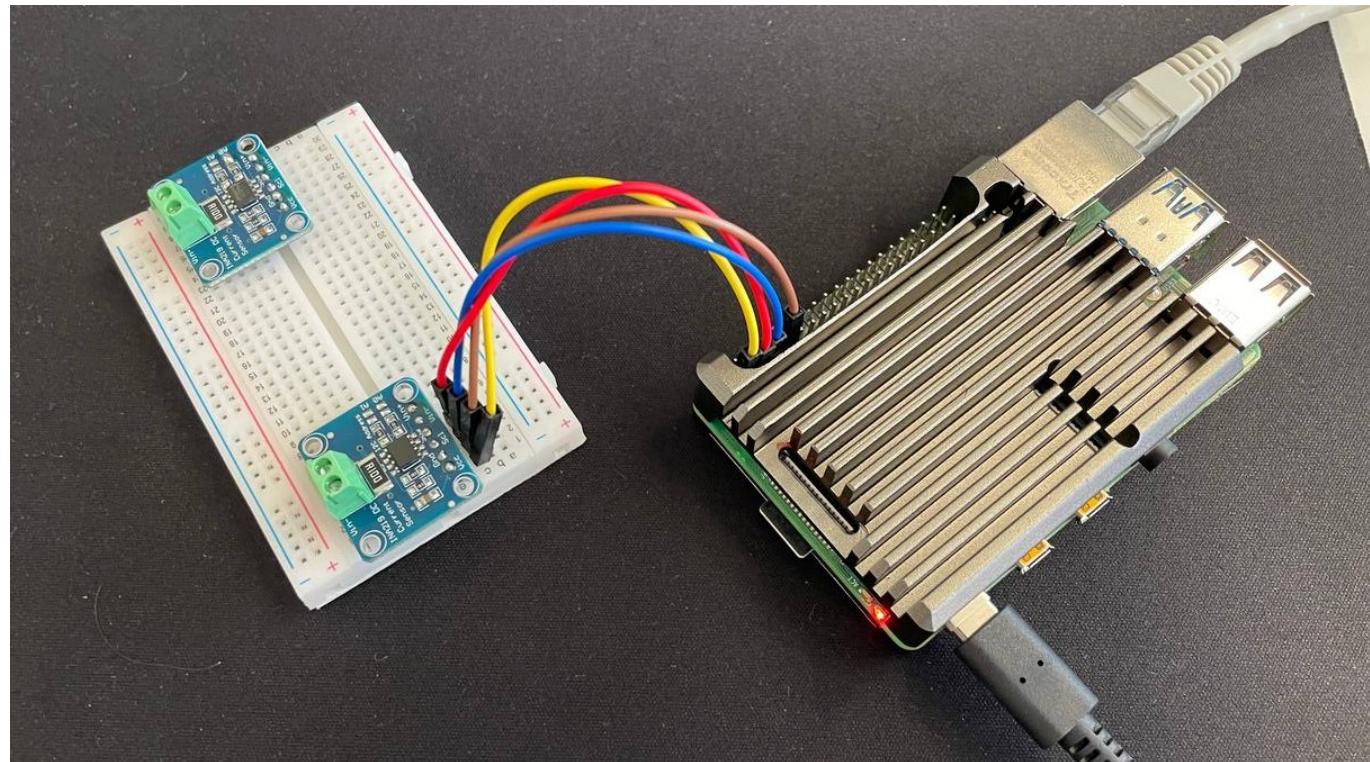
17.2. Installation physique

L'installation physique du **INA219** implique des branchements spécifiques en fonction des scénarios : avec ou sans la dérivation de l'alimentation de Volt. Voici les détails de chaque configuration :

17.2.1. Branchement SANS VOLT

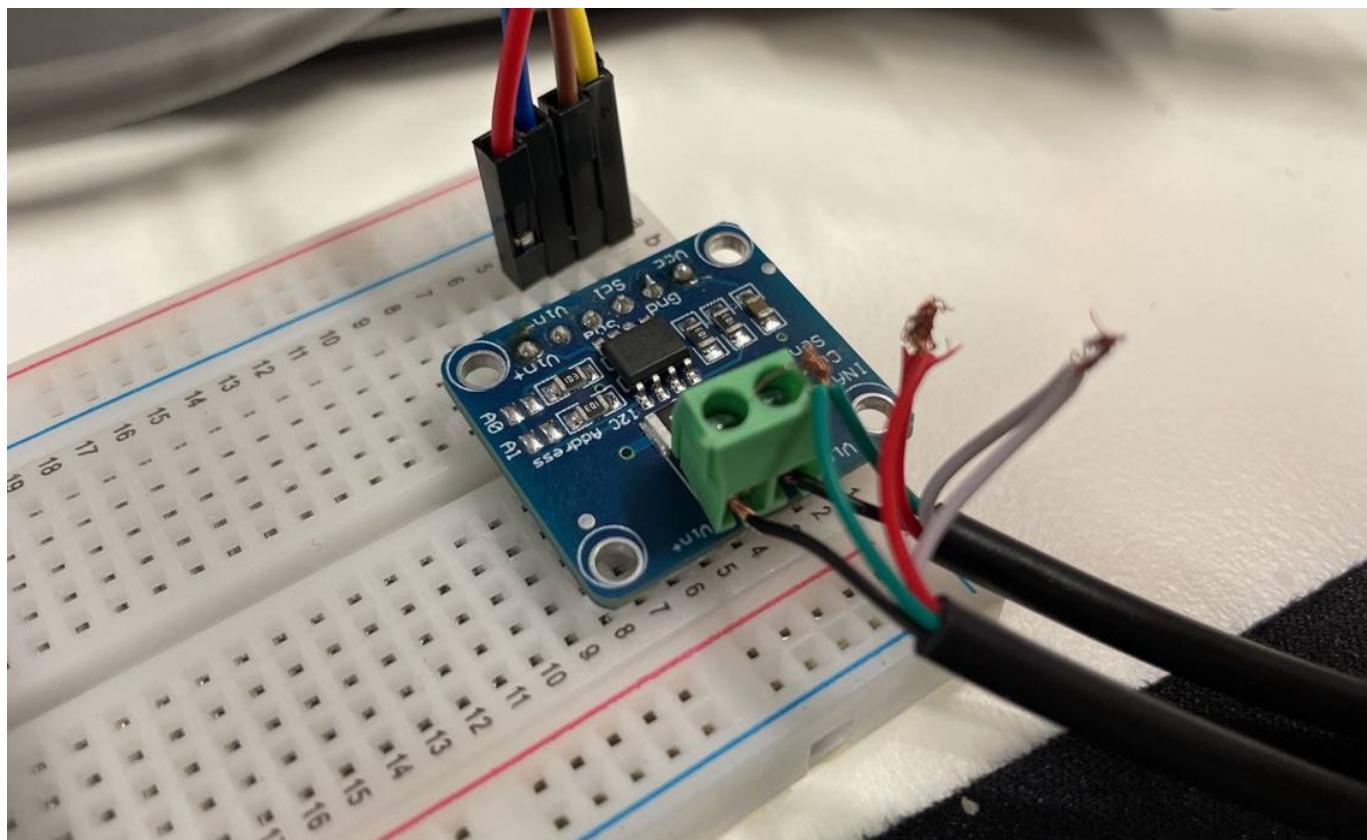
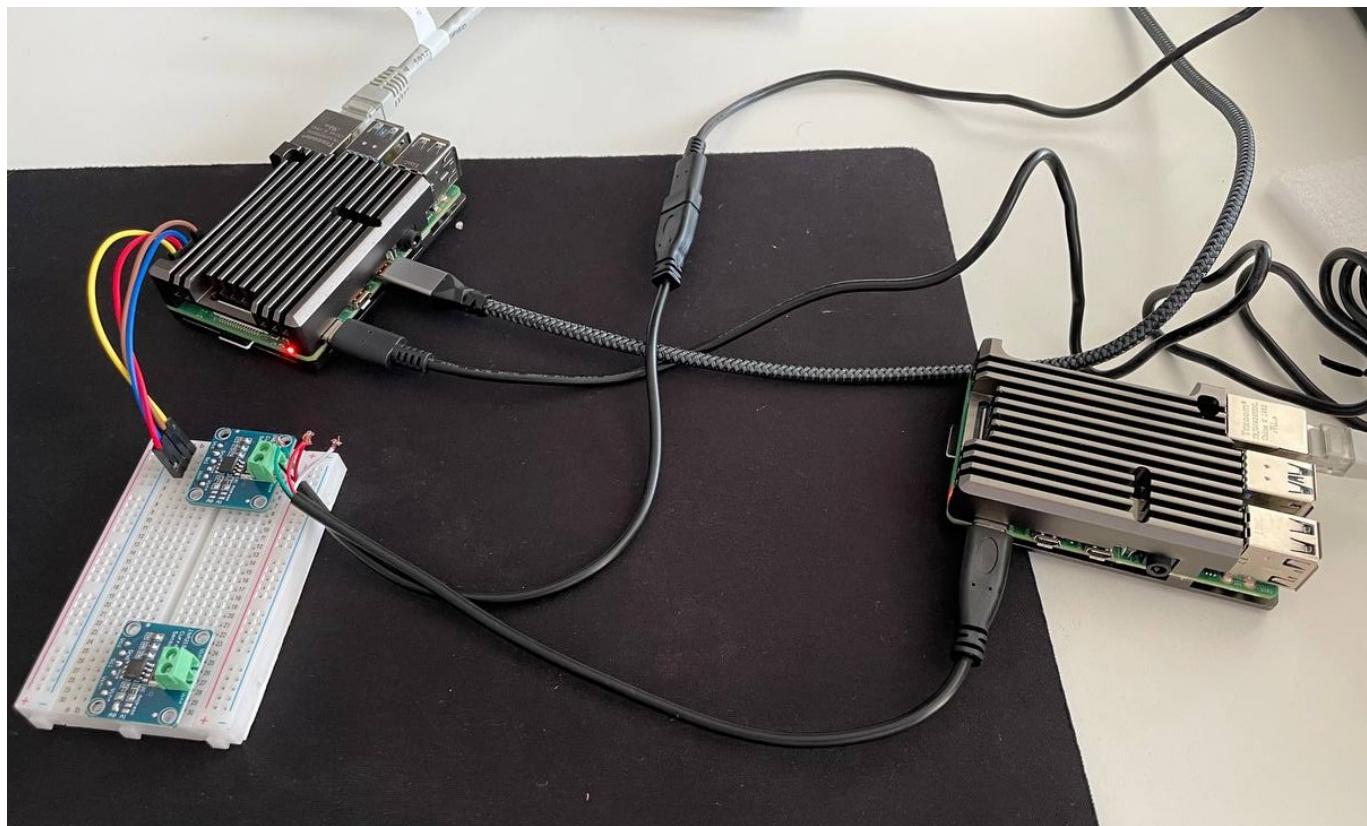
Pour le branchement à vide, il suffit de connecter le **INA219** au Raspberry Pi à l'aide d'un câble I2C. Voici un aperçu détaillé de ce branchement :

- Cable Jaune : **3.3V**
- Cable Bleu : **Terre**
- Cable Rouge : **SDA**
- Cable Bleu : **SCL**



17.2.2. Branchement AVEC VOLT

Le branchement avec le dispositif Volt ajoute une complexité supplémentaire. Voici un aperçu détaillé de ce branchement :



17.2.3. Vérification de la présence du INA219

Avant de pouvoir commencer à utiliser le **INA219** pour mesurer la consommation, il est crucial de vérifier la présence de la puce et de s'assurer qu'elle est correctement détectée par le système. Cette étape est essentielle pour garantir des mesures précises et fiables tout au long du projet.

```
tobby@Nidus:~ $ sudo i2cdetect -y 1
      0  1  2  3  4  5  6  7  8  9  a  b  c  d  e  f
00:          - - - - - - - - - - - - - - - - - -
10:          - - - - - - - - - - - - - - - - - -
20:          - - - - - - - - - - - - - - - - - -
30:          - - - - - - - - - - - - - - - - - -
40: 40          - - - - - - - - - - - - - - - -
50:          - - - - - - - - - - - - - - - - - -
60:          - - - - - - - - - - - - - - - - - -
70:          - - - - - - - - - - - - - - - - - -
```



```
tobby@Nidus:~ $ sudo i2cdetect -y 1
      0  1  2  3  4  5  6  7  8  9  a  b  c  d  e  f
00:          - - - - - - - - - - - - - - - - - -
10:          - - - - - - - - - - - - - - - - - -
20:          - - - - - - - - - - - - - - - - - -
30:          - - - - - - - - - - - - - - - - - -
40:          - - 41 - - - - - - - - - - - - - -
50:          - - - - - - - - - - - - - - - - - -
60:          - - - - - - - - - - - - - - - - - -
70:          - - - - - - - - - - - - - - - - - -
```

17.3. Obtention des données

17.3.1. Test avec le un script python

Instalation de la bibliothèque python

```
tobby@Nidus:~ $ sudo pip3 install pi-ina219  
[...]
```

Vérification de la présence de l'INA219

```
tobby@Nidus:~ $ i2cdetect -y 1  
    0  1  2  3  4  5  6  7  8  9  a  b  c  d  e  f  
00:          - - - - - - - -  
10:          - - - - - - - -  
20:          - - - - - - - -  
30:          - - - - - - - -  
40: 40 - - - - - - - -  
50:          - - - - - - - -  
60:          - - - - - - - -  
70:          - - - - - - - -
```

- Création du dossier py et du script python

```
tobby@Nidus:~/Documents $ mkdir py  
tobby@Nidus:~/Documents $ cd py  
tobby@Nidus:~/Documents/py $ touch my_ina219.py
```

- Vérification de la présence du script

```
tobby@Nidus:~/Documents/py $ ls -la  
total 8  
drwxr-xr-x 2 toby toby 4096 22 aoû 10:19 .  
drwxr-xr-x 3 toby toby 4096 22 aoû 10:18 ..  
-rw-r--r-- 1 toby toby 0 22 aoû 10:19 my_ina219.py
```

- Modification du script

```
tobby@Nidus:~/Documents/py $ sudo vi ./my_ina219.py
```

```
#!/usr/bin/env python
# Cette ligne indique au système d'exécuter ce script avec l'interpréteur Python
trouvé dans l'environnement.

from ina219 import INA219
from ina219 import DeviceRangeError
# Importe les modules INA219 et DeviceRangeError du package ina219.
SHUNT_OHMS = 0.1
# Définit la valeur de la résistance de shunt en ohms (0.1 ohm dans ce cas).

def read():
    # Définit une fonction nommée "read" pour effectuer la lecture des données.
    ina = INA219(SHUNT_OHMS)
    # Crée une instance de la classe INA219 avec la valeur de résistance.
    ina.configure()
    # Configure l'INA219 avec les paramètres par défaut.

    print("Bus Voltage: %.3f V" % ina.voltage())
    # Affiche la tension du bus mesurée par l'INA219 avec une précision de 3
    décimales.
    try:
        print("Bus Current: %.3f mA" % ina.current())
        # Affiche le courant du bus mesuré par l'INA219 avec une précision de 3
        décimales.
        print("Power: %.3f mW" % ina.power())
        # Affiche la puissance mesurée par l'INA219 avec une précision de 3
        décimales.
        print("Shunt voltage: %.3f mV" % ina.shunt_voltage())
        # Affiche la tension de shunt mesurée par l'INA219 avec une précision de
        3 décimales.
    except DeviceRangeError as e:
        # Si une exception DeviceRangeError est levée, cela signifie que la
        valeur mesurée est hors de la plage de l'appareil.
        # Affiche l'erreur spécifique.
        print(e)
if __name__ == "__main__":
    # Vérifie si le script est exécuté en tant que programme principal.
    read()
    # Appelle la fonction "read" pour effectuer la lecture des données lorsque le
    script est exécuté.
```

Execution du script

```
tobby@Nidus:~/Documents/py $ python ./my_ina219.py
Bus Voltage: 0.888 V
Bus Current: -0.195 mA
Power: 0.000 mW
Shunt voltage: -0.010 mV
```

18. Noeud Node-Red

18.1. Dashboard

Le **Dashboard**, en tant que centre de contrôle essentiel, rassemble tous les éléments nécessaires pour une visualisation optimale des données générées.

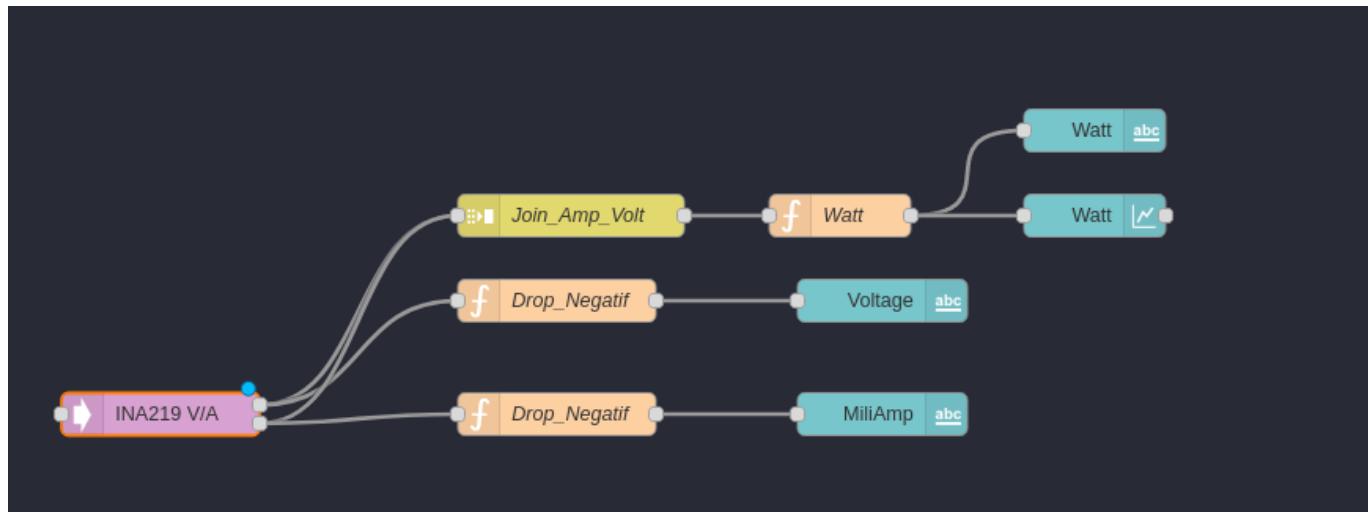
Il met à disposition un ensemble complet de noeuds spécifiques, créant une interface utilisateur intuitive et interactive. Ces noeuds proposent une gamme variée de fonctionnalités pour présenter, ajuster et transmettre les données. Voici quelques exemples des noeuds qui contribuent à cette expérience :

- **Bouton (Button)** : Permet aux utilisateurs d'interagir et de déclencher des actions de manière directe.
- **Liste déroulante (Dropdown)** : Offre un moyen de sélectionner parmi plusieurs options, permettant un contrôle structuré des paramètres ou des valeurs.
- **Interrupteur (Switch)** : Fournit une transition immédiate entre deux états, souvent utilisé pour activer ou désactiver des fonctionnalités.
- **Curseur (Slider)** : Permet un réglage précis d'une valeur numérique en glissant un curseur. Utile pour ajuster des paramètres continus.
- **Champ numérique (Numeric)** : Fournit une interface pour entrer des valeurs numériques avec précision.
- **Champ de texte (Text input)** : Permet aux utilisateurs d'entrer du texte, généralement pour des commentaires, des descriptions ou des valeurs personnalisées.
- **Sélecteur de date (Date picker)** : Facilite la sélection de dates et d'heures, souvent utilisé pour des enregistrements horodatés.
- **Sélecteur de couleur (Colour picker)** : Permet de choisir précisément une couleur pour des éléments visuels ou des codes couleur.
- **Formulaire (Form)** : Regroupe plusieurs champs de saisie et de contrôle en une entité logique, simplifiant ainsi la collecte de données.
- **Texte (Text)** : Affiche du texte ou des instructions pour guider l'utilisateur dans l'interprétation des données ou l'utilisation de l'interface.
- **Jauge (Gauge)** : Présente graphiquement une valeur numérique, offrant une visualisation rapide d'un état ou d'une mesure.
- **Graphique (Chart)** : Permet la création de divers types de graphiques pour illustrer visuellement les tendances et les relations entre les données.
- **Sortie audio (Audio out)** : Peut être utilisée pour fournir des commentaires auditifs ou des alertes sonores.
- **Notification (Notification)** : Affiche des messages d'information ou d'alerte à l'utilisateur pour des événements spécifiques.
- **Contrôle d'interface utilisateur (UI control)** : Offre des éléments interactifs personnalisables pour répondre aux besoins spécifiques de l'application.
- **Modèle (Template)** : Permet d'intégrer du contenu HTML personnalisé, offrant une flexibilité avancée pour inclure graphiques, widgets et plus encore.

Ces noeuds apportent un ensemble puissant d'outils pour la création d'interfaces visuelles riches, éliminant la nécessité d'une programmation manuelle pour chaque élément. Cela encourage la collaboration efficace entre les développeurs et les utilisateurs non techniques dans la conception d'interfaces utilisateur conviviales et informatives.

18.2. INA219

Dans cette section, nous explorons le composant **INA219**, un élément clé de notre projet. L'**INA219** est équipé de deux sorties qui fournissent des valeurs en millampères et en volts, offrant ainsi des informations cruciales sur la consommation.



Pour tirer le meilleur parti de l'INA219, j'ai mis en place une configuration sophistiquée. J'ai configuré des nœuds de fonctions spécifiques pour exclure les valeurs négatives. Ces valeurs négatives sont généralement des erreurs de lecture et doivent être traitées correctement pour garantir des données précises. Ensuite, j'ai élaboré une séquence de traitement pour afficher ces valeurs de manière compréhensible dans un libellé.

En plus de cela, j'ai mis en place un nœud 'join' qui joue un rôle crucial. Ce nœud fusionne les deux valeurs obtenues à partir des sorties de l'INA219 en un seul message cohérent. Ce message est ensuite acheminé vers un autre nœud de fonction spécialisé. Ce nœud effectue des calculs pour obtenir les données de consommation en watts. Ces données sont ensuite affichées à la fois dans un libellé, offrant une visualisation claire des résultats, et dans un graphique, permettant une compréhension visuelle de l'évolution de la consommation.

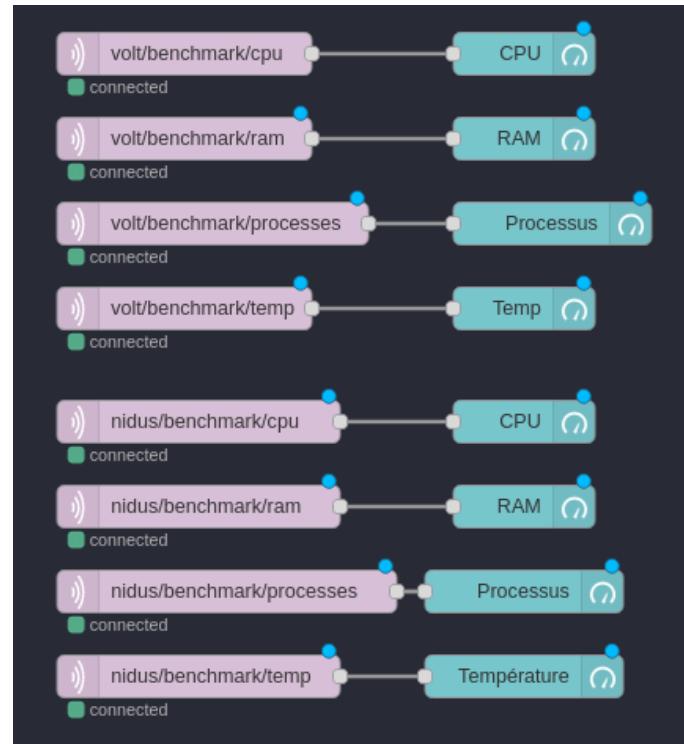
```
// Récupérer les valeurs de courant (mA) et de tension (V) depuis les propriétés
msg.payload
var current_mA = msg.payload.miliamps;
var voltage_V = msg.payload.voltage;

// Calculer la puissance en watts (W)
var power_W = (current_mA / 1000) * voltage_V; // Convertir le courant en ampères

// Vérifier si la tension est négative
if (voltage_V < 0.5) {
    // Si la tension est négative, ne rien faire et retourner le message inchangé
    return null;
}

// Créer un nouvel objet msg avec la puissance en watts comme payload
msg.payload = power_W;
msg.topic = "Watt";
// Renvoyer le message modifié
return msg;
```

18.3. Monitoring



Dans cette section, nous abordons le **Monitoring**, une étape cruciale de notre projet. Pour cette tâche, j'ai choisi d'utiliser le protocole **MQTT**, qui présente des avantages significatifs en termes de rapidité et de légèreté par rapport au **SSH**.

En commençant par la réception des données via le nœud MQTT, celles-ci sont dirigées vers un nœud de type "gauge" (*jauge*) qui affiche la valeur en temps réel. Cette représentation visuelle offre une vue instantanée de la consommation, permettant une surveillance efficace.

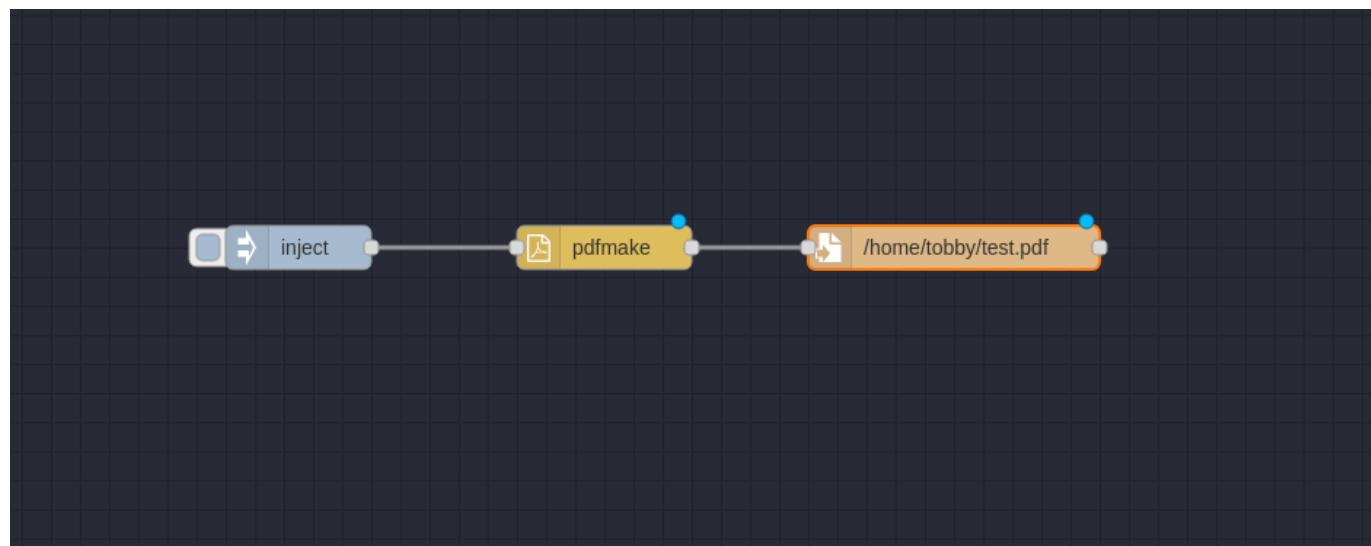
18.4. PDF

18.4.1. Base

Pour generer un PDF, il faut passer un Json dans le payload du message :

```
{  
  "_msgid": "b63574aa110e9d9b"  
, "payload":  
  {  
    "content":  
      [  
        "First paragraph",  
        "Another paragraph, this time a little bit longer to make sure, this line  
        will be divided into at least two lines"  
      ]  
    },  
    "topic": ""  
  }  
}
```

Qui est reçu dans le noeud pdfmake qui le passe en Base64 qui est ensuite reçu dans le noeud write file qui l'écrit dans un fichier PDF.



18.5. Images de graphiques et de tableaux

Une fois que la génération de PDF est maîtrisée, il est temps de valoriser davantage les informations en y ajoutant des images.

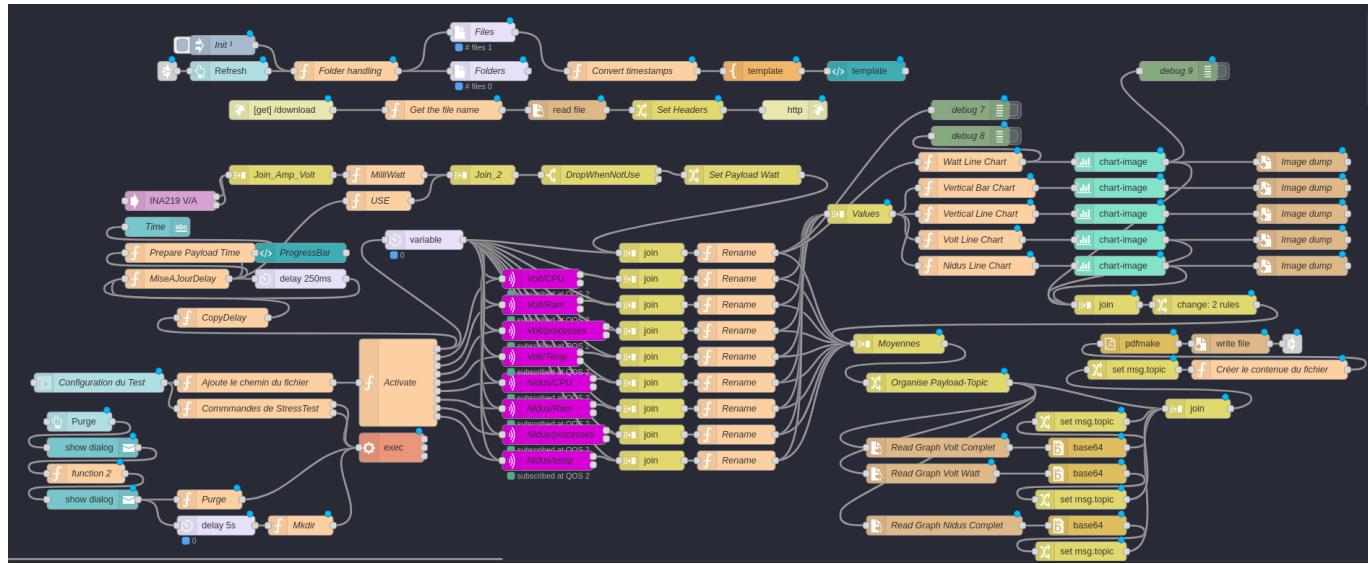
En effet, bien que disposer des valeurs à un instant donné soit utile, pouvoir visualiser ces valeurs sous forme de graphique est encore plus puissant. Pour réaliser cela, nous utiliserons le nœud **node-red-contrib-chart-image**, qui nous permettra de générer des graphiques. Ce nœud repose sur le module **Chart.js**, qui permet de créer des graphiques en utilisant du code JavaScript.

En plus du nœud de graphique, nous aurons besoin du nœud **node-red-node-base64**, qui facilitera la conversion d'images en base64 et vice versa. Cette conversion est essentielle pour intégrer les images dans le document PDF.

Cette combinaison de nœuds nous permettra de créer des représentations visuelles attrayantes et informatives des données, offrant ainsi une compréhension plus approfondie et une présentation visuellement engageante.

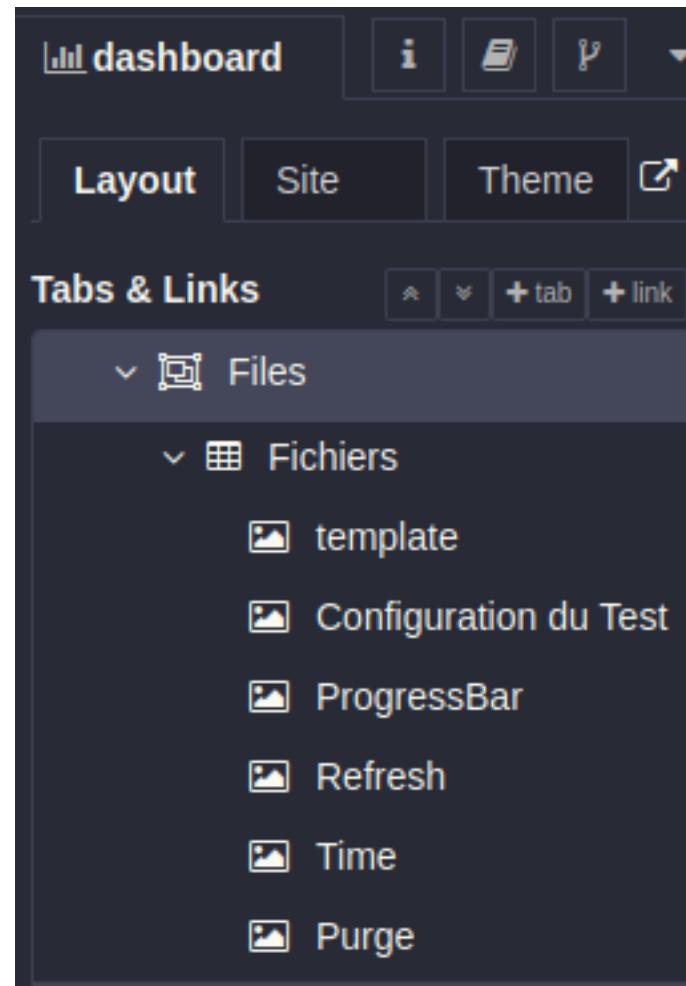
19. Stress Test V1.0

J'ai créé une page qui permet de générer un rapport en fonction de la durée et de l'exécution d'un stress test sur Nidus et/ou sur Volt. Voici le flux complet pour la génération du rapport:



Pour être honnête, il faut admettre que la lisibilité initiale n'est pas optimale. Par conséquent, j'ai décidé de décomposer le processus en plusieurs étapes afin d'obtenir une meilleure compréhension globale.

19.1. Écran d'Accueil

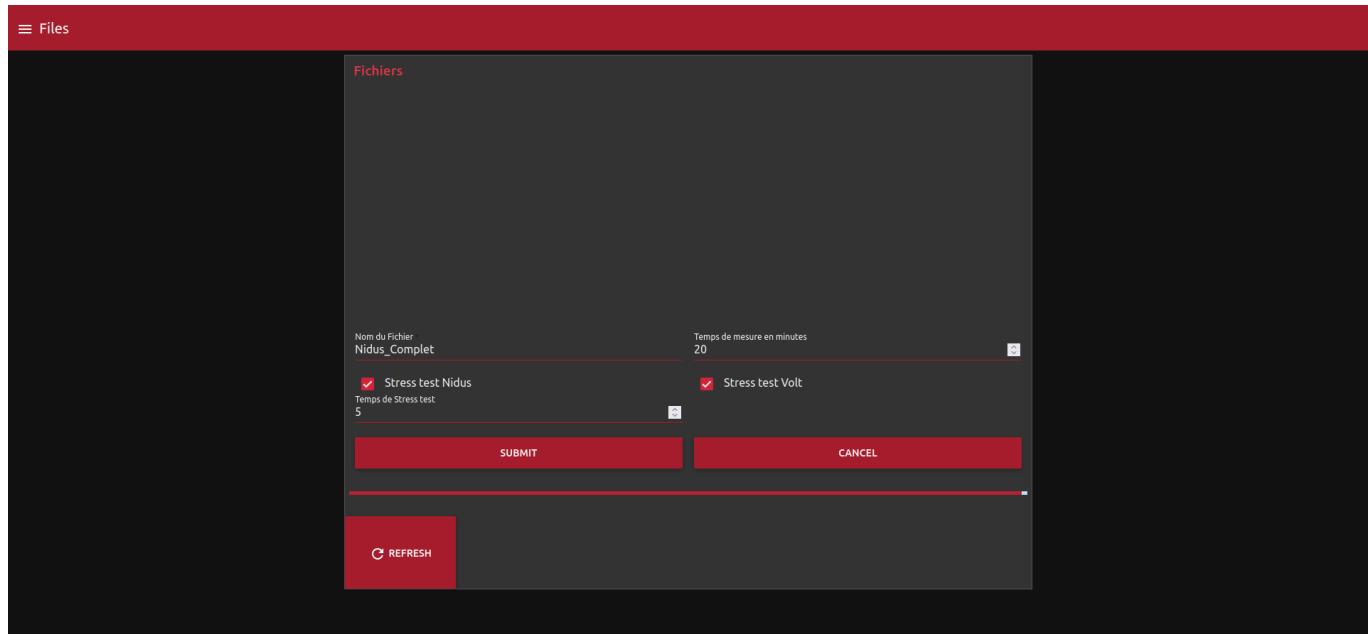


Au premier abord, vous serez accueilli par un navigateur de fichiers et un formulaire. Ce formulaire vous permet de spécifier la durée du test et de décider si vous souhaitez exécuter un test de stress sur Nidus et/ou sur Volt. Voici le contenu de la page "file" qui contient le formulaire:

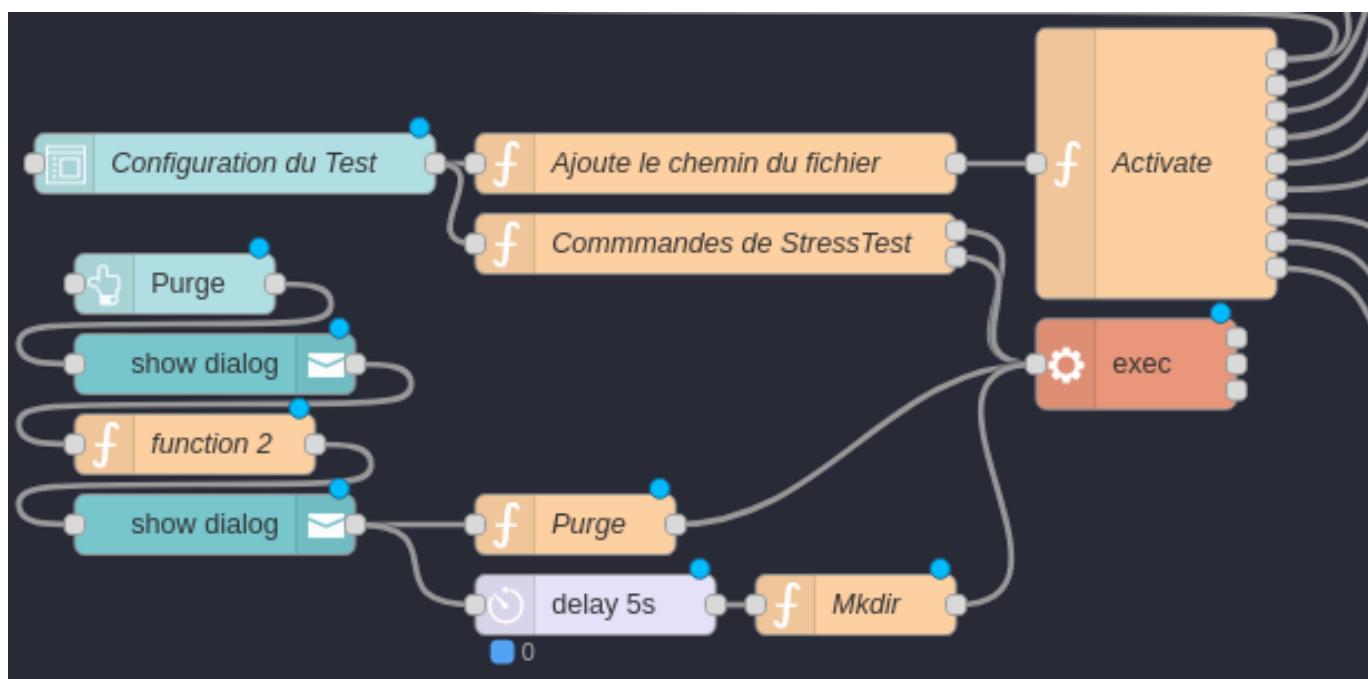
The form fields are as follows:

- Nom du Fichier: [Input field]
- Temps de mesure en minutes: [Input field]
- Stress test Nidus: [Checkboxes]
- Stress test Volt: [Checkboxes]
- Temps de Stress test: [Dropdown menu]
- SUBMIT: [Red button]
- CANCEL: [Red button]
- REFRESH: [Red button]
- 00:00: [Text input]
- PURGE: [Red button]

Après avoir rempli le formulaire:



Les nœuds responsables de cette section sont les suivants:



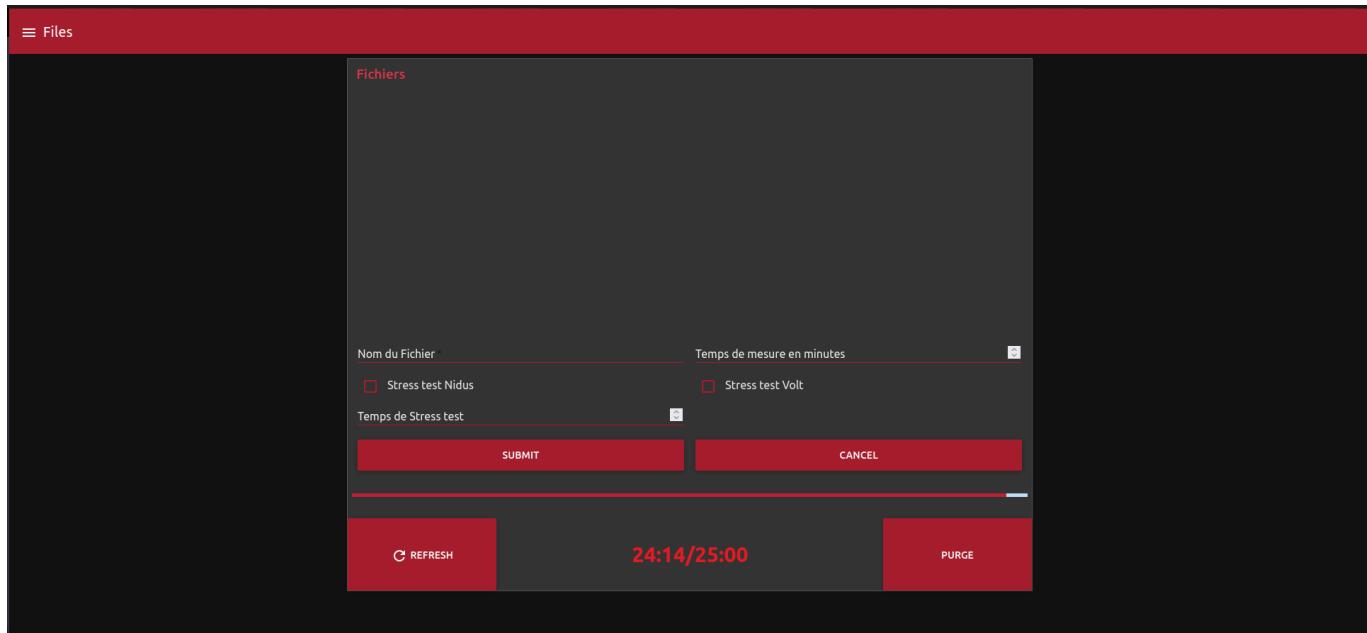
Deux éléments se distinguent ici:

- Un formulaire de "Configuration du Test"
- Un bouton "Purge" sur lequel je reviendrai plus tard

Le formulaire recueille les données saisies par l'utilisateur. Ensuite, il transmet ces données en sortie. Deux fonctions sont connectées à cette sortie. La première fonction ajoute les chemins des fichiers, tels que "chart.png" et "report.pdf", à un tableau. La seconde fonction gère l'exécution des tests de stress en fonction des entrées de l'utilisateur, et les envoie ensuite à un nœud "exec" qui exécute les commandes sur Nidus et/ou Volt.

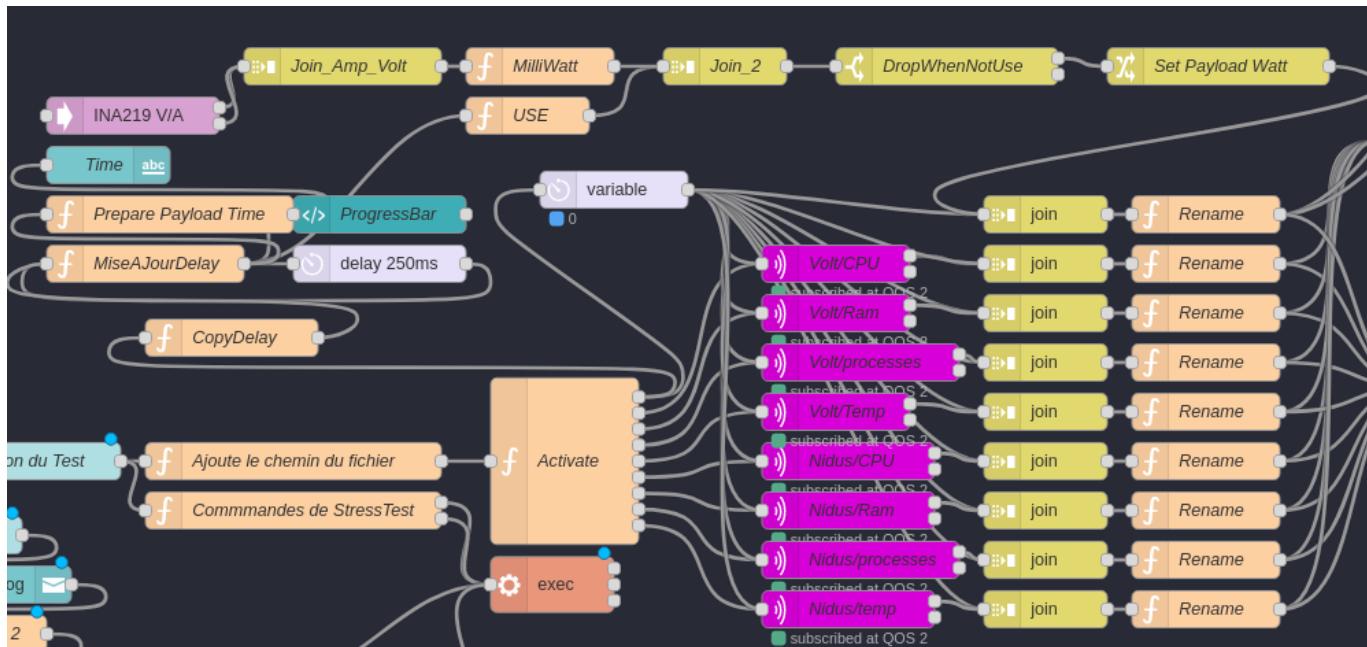
La première fonction transmet ensuite les données à une fonction à sorties multiples, ce qui permet d'envoyer différents messages distincts.

19.2. En Exécution



Pendant l'exécution, une **barre de progression** est affichée pour montrer l'avancement du test, accompagnée d'une **étiquette** en dessous pour indiquer le pourcentage d'avancement. Cela permet d'obtenir une meilleure visualisation de l'état d'avancement.

En arrière-plan, un certain nombre de tâches se déroulent :



Pour en donner plus de détails :

- La première sortie du nœud **Activate** est connectée à un nœud **delay** qui ajuste la durée du test, ainsi qu'à une série d'autres nœuds qui gèrent la barre de progression.
- La deuxième sortie du nœud **Activate** est reliée à un nœud MQTT amélioré. Celui-ci permet de souscrire aux **topics** appropriés. Au début du test, il souscrit au topic `#/benchmark/#`, puis à la fin du test, il reçoit le topic `/` pour se désinscrire. Cela permet de filtrer uniquement les informations nécessaires et d'éviter d'être submergé par les messages superflus envoyés sur le broker MQTT.
- Les six autres sorties du nœud **Activate** ont la même fonction. Elles envoient toutes des messages pour modifier le topic MQTT.

Ensuite, ces messages sont acheminés vers un nœud **join**, qui les combine en un tableau de messages. Ce tableau est ensuite transmis à un nœud **function** chargé de traiter les données. Parmi les tâches effectuées par ce nœud figurent la personnalisation des **topics** pour chaque ensemble de données et le calcul de la moyenne des valeurs reçues :

```
// Définir le sujet du message
msg.topic = "volt/benchmark/cpu";

// Vérifier si le tableau payload existe et n'est pas vide
if (msg.payload && Array.isArray(msg.payload) && msg.payload.length > 0) {
    // Convertir les valeurs en chaînes de caractères en nombres entiers
    var numericValues = msg.payload.map(function (value) {
        return parseInt(value, 10); // 10 indique la base décimale
    }).filter(function (value) {
        return !isNaN(value); // Filtrer les valeurs non numériques
    });

    // Vérifier si des valeurs numériques ont été trouvées
    if (numericValues.length > 0) {
        // Calculer la somme des valeurs numériques dans le tableau
        var sum = numericValues.reduce(function (acc, value) {
            return acc + value;
        }, 0);

        // Calculer la moyenne en divisant la somme par le nombre d'éléments
        var moyenne = sum / numericValues.length;

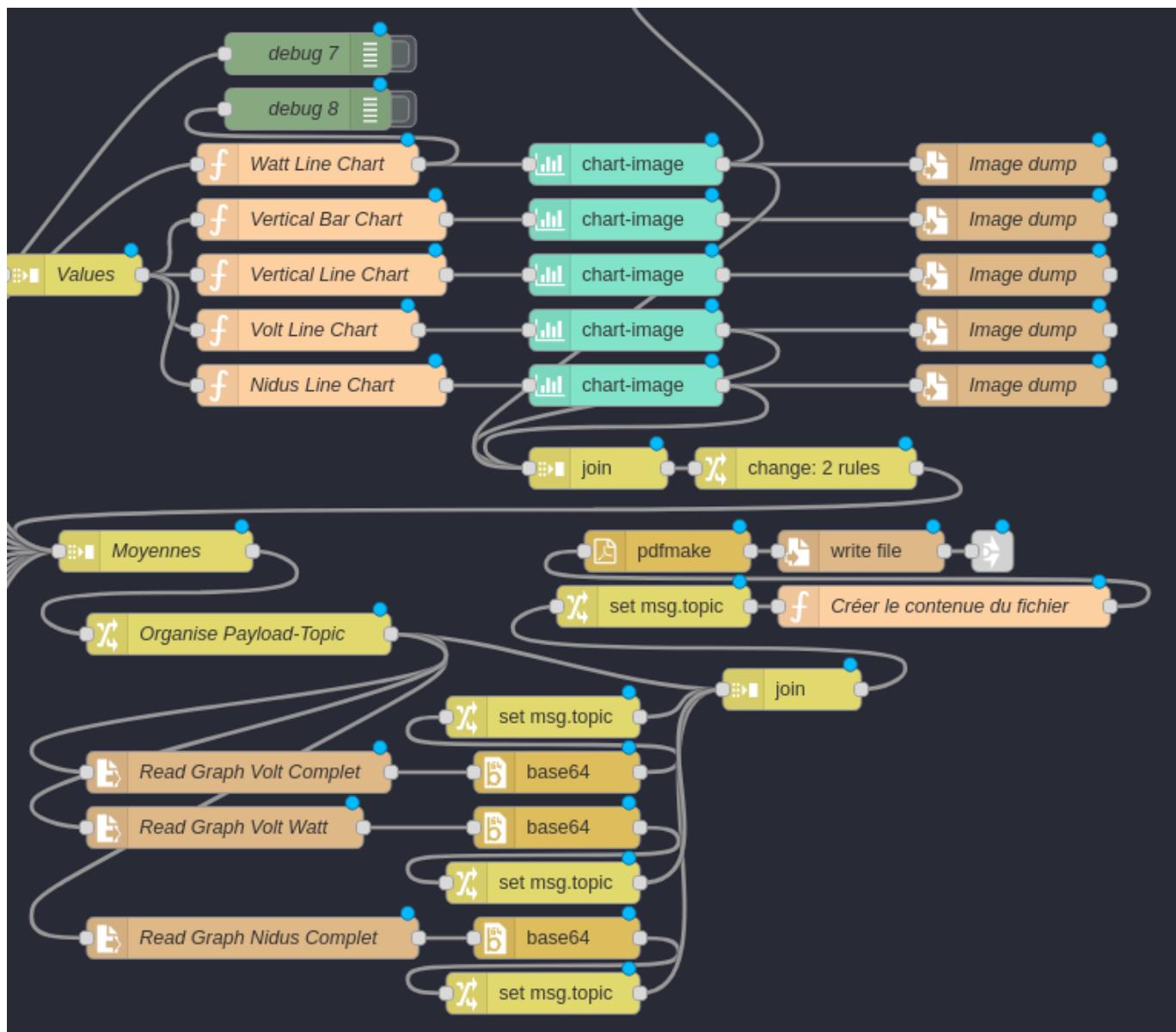
        // Arrondir la moyenne à deux chiffres après la virgule et au multiple de
        // 0.05 le plus proche
        moyenne = Math.round(moyenne * 20) / 20;

        // Ajouter la moyenne au message
        msg.moyenne = moyenne.toFixed(2);
    } else {
        // Si aucune valeur numérique n'a été trouvée, définir la moyenne à 0
        msg.moyenne = "0.00";
    }
} else {
    // Si le tableau est vide ou n'existe pas, définir la moyenne à 0
    msg.moyenne.volt.benchmark.cpu = "0.00";
}

// Renvoyer le message modifié
return msg;
```

La partie supérieure permet d'atteindre le même résultat à l'aide de l'INA219. Cependant, puisque je ne peux pas choisir le moment où je veux récupérer les valeurs et qu'elles sont envoyées de manière continue, j'ai utilisé une astuce consistant à détourner les messages de mise à jour de la **barre de progression**. Je les ai synchronisés avec les messages de l'INA219, puis les ai dirigés vers un nœud **join** qui les regroupe. Ensuite, ces messages sont envoyés dans un nœud **switch** qui rejette les messages ne provenant pas de la barre de progression. Cela a pour effet de ne conserver que les messages de l'INA219 pendant le test.

Une fois les ensembles de données collectés, il est temps de les utiliser :



Après l'application des fonctions **rename**, deux nœuds **join** sont utilisés pour regrouper les données. L'un regroupe les tableaux de données, tandis que l'autre regroupe les moyennes calculées.

Intéressons-nous d'abord au nœud **Values**, car c'est le premier à être utilisé. Il permet de créer un tableau de données qui est ensuite transmis à une série de nœuds de fonctions. Ces nœuds de fonctions traitent les données et les formatent pour créer des **graphiques linéaires** sous forme d'images PNG :

```
// Données reçues du flux précédent
var rawData = msg.payload;
var delayInSeconds = msg.delay / 1000; // Conversion en secondes

// Extraction des données nécessaires
var voltWatt = rawData;
// Création du graphique
var chartData = {
  type: 'line', // Changement du type de graphique en "line"
  options: {
    title: {
      display: true,
      text: 'Comparaison des performances'
    },
    legend: {
      display: true
    }
  }
}
```

```

    },
    chartArea: {
        backgroundColor: '#d3d7dd'
    },
    plugins: {
        datalabels: {
            display: false // Désactiver l'affichage des étiquettes de
données
        }
    },
    data: {
        labels: Array.from({ length: voltWatt.length }, (_, i) => (i *
delayInSeconds).toFixed(1)), // Temps en secondes
        datasets: [
            {
                label: "Volt Watt",
                borderColor: 'rgba(0, 255, 255, 1)',
                fill: false,
                data: voltWatt,
                pointRadius: 0,
            },
        ],
    },
};

msg.payload = chartData;

return msg;

```

L'exemple ci-dessus est volontairement plus simple, car il ne contient qu'un seul ensemble de données, à savoir les watts de Volt.

À la sortie de cette fonction, un nœud utilise ce qui a été créé pour générer un **tampon PNG**. Ce tampon est ensuite transmis à un nœud **write file** qui écrit le fichier dans le dossier spécifié par le nœud **Ajoute le nom du fichier**, situé après le formulaire. Simultanément, le nœud envoie également le tampon à un nœud **join** qui attend que tous les graphiques soient créés pour qu'ils puissent être réutilisés.

Une fois que le signal indiquant que les fichiers ont été créés est reçu, le nœud **join** appelé **Moyenne** peut transmettre ses données. Ces données sont réorganisées par un nœud **change**, puis envoyées à plusieurs autres nœuds pour récupérer les images en base64 des graphiques. Ces images sont envoyées en même temps que les moyennes à la fonction **Créer le contenu du fichier** :

```

// Cette section crée un objet payload qui sera utilisé pour générer un rapport
PDF.

msg.payload = {
    // Header du rapport PDF
    header: function (currentPage, pageCount, pageSize) {
        return [
            {
                text: "Tobler Cyril", // Nom de l'auteur du rapport
                alignment: "left", // Alignement du texte à gauche
                fontSize: 10, // Taille de la police 10
                margin: [15, 10, 0, 0] // Marge (haut, droite, bas, gauche)
            },
            {
                text: "Nom du projet : Confuse T-Rex", // Nom du projet
                alignment: "center", // Alignement du texte au centre
                fontSize: 10, // Taille de la police 10
                margin: [0, 0, 0, 0] // Pas de marge
            }
        ];
    }
};

```

```
        }
    ],
// Footer du rapport PDF
footer: function (currentPage, pageCount) {
    return {
        columns: [
            {
                text: currentPage.toString() + " / " + pageCount, // Numéro de page actuel / Nombre total de pages
                alignment: "left",
                fontSize: 10,
                margin: [15, 0, 0, 10]
            },
            {
                text: new Date().toLocaleDateString("fr-FR"), // Date actuelle au format français
                alignment: "right",
                fontSize: 10,
                margin: [0, 0, 15, 10]
            }
        ],
        margin: [0, 0, 0, 10] // Marge du footer
    };
},
// Contenu du rapport PDF
content: [
    {
        text: "Rapport d'utilisation", // Titre du rapport
        style: "header", // Style de texte "header" défini ci-dessous
        margin: [0, 10, 0, 0] // Marge du titre
    },
    {
        text: "Les valeurs sont des moyennes sur les " + Math.floor(msg.delay / (1000 * 60)) + " dernières minutes" // Informations sur les valeurs
    },
    {
        text: "Nidus :",
        style: "header2"
    },
    {
        text: "CPU : " + msg.payload.moyenne["nidus/benchmark/cpu"]
    },
    {
        text: "RAM : " + msg.payload.moyenne["nidus/benchmark/ram"]
    },
    {
        text: "Nombre de processus : " + msg.payload.moyenne["nidus/benchmark/processes"]
    },
    {
        text: "Température CPU : " + msg.payload.moyenne["nidus/benchmark/temp"]
    },
    {
        image: 'nidusImage',
        width: 500,
        pageBreak: 'after'
    },
    {
        text: "Volt",
        style: "header2"
    },
    {
        text: "CPU : " + msg.payload.moyenne["volt/benchmark/cpu"]
```

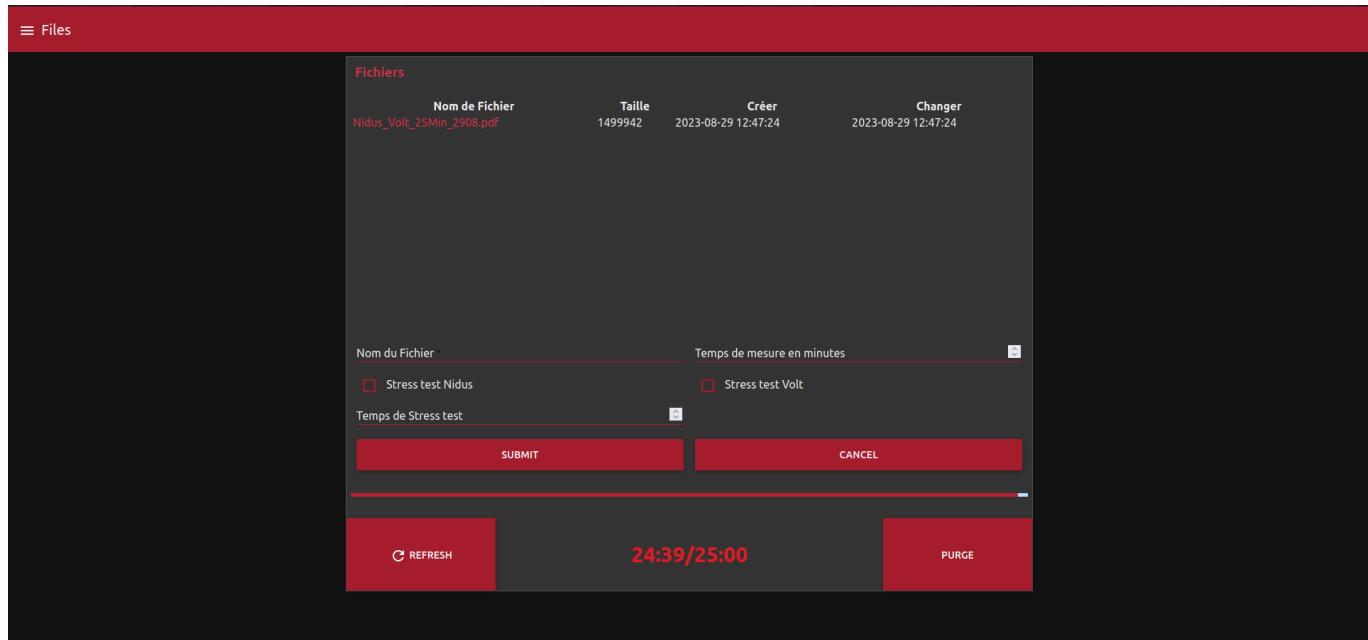
```
        },
        {
            text: "RAM : " +
msg.payload.moyenne["volt/benchmark/ram"]
        },
        {
            text: "Nombre de processus : " +
msg.payload.moyenne["volt/benchmark/processes"]
        },
        {
            text: "Température CPU : " +
msg.payload.moyenne["volt/benchmark/temp"]
        },
        {
            text: "MilliWatt : " +
msg.payload.moyenne["volt/benchmark/watt"]
        },
        {
            image: 'voltImage',
            width: 500
        },
        {
            image: 'wattImage',
            width: 500
        },
    ],
    // Images à inclure dans le rapport
    images: {
        voltImage: 'data:image/png;base64,' +
msg.payload.voltGraph.toString('base64'), // Image Volt au format base64
        wattImage: 'data:image/png;base64,' +
msg.payload.wattGraph.toString('base64'), // Image Watt de Volt au format base64
        nidusImage: 'data:image/png;base64,' +
msg.payload.nidusGraph.toString('base64'), // Image Nidus au format base64
    },
    // Styles de texte personnalisés
    styles: {
        header: {
            fontSize: 22, // Taille de la police 22
            bold: true, // Texte en gras
            margin: [0, 30, 0, 0] // Marge du titre
        },
        header2: {
            fontSize: 18, // Taille de la police 18
            bold: true, // Texte en gras
            margin: [0, 20, 0, 0] // Marge des sous-titres
        }
    }
};

// Renvoie le message avec le payload généré
return msg;
```

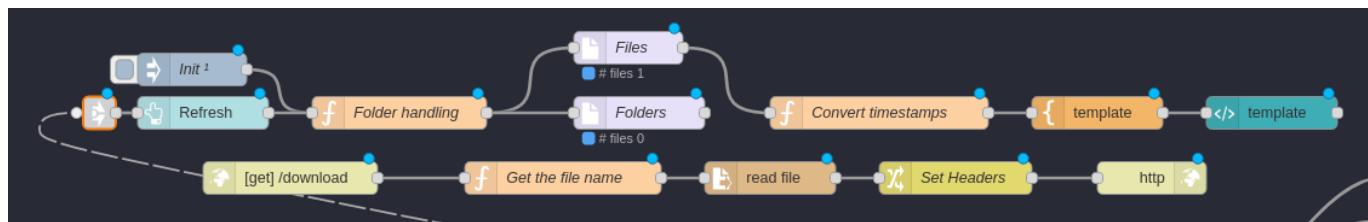
Cette fonction va créer, de manière similaire aux graphiques, une structure utilisée par PDFMake pour générer un fichier PDF. Cette structure est ensuite transmise à un nœud **pdfmake**, qui la convertit en base64 et l'envoie à un nœud **write file**. Ce dernier écrit le fichier PDF dans le dossier spécifié par le nœud **Ajoute le nom du fichier**, situé après le formulaire.

Le nœud final permet de mettre à jour le modèle HTML qui répertorie les fichiers PDF et PNG dans le dossier défini par le nœud **Ajoute le nom du fichier**. Ce modèle HTML permet de les télécharger en un seul clic.

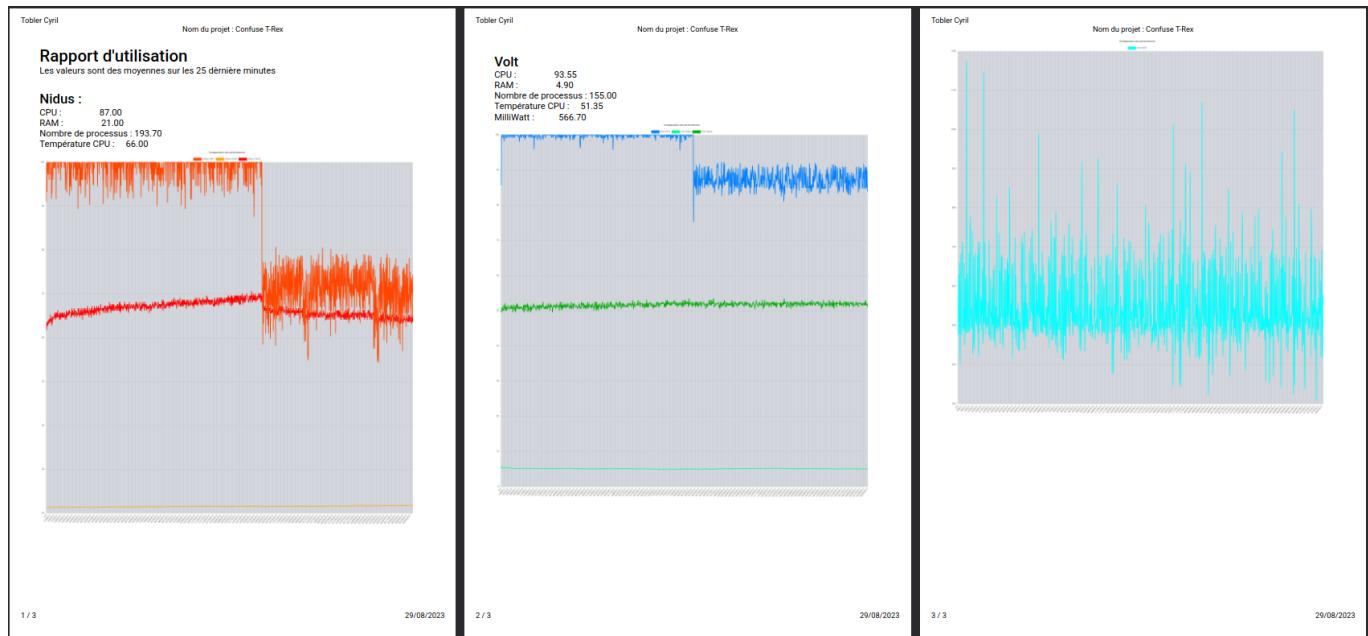
19.3. Résultat



Pour obtenir les résultats, il suffit de cliquer sur le nom du fichier, qui sera automatiquement téléchargé. Ce processus est géré par ces nœuds :

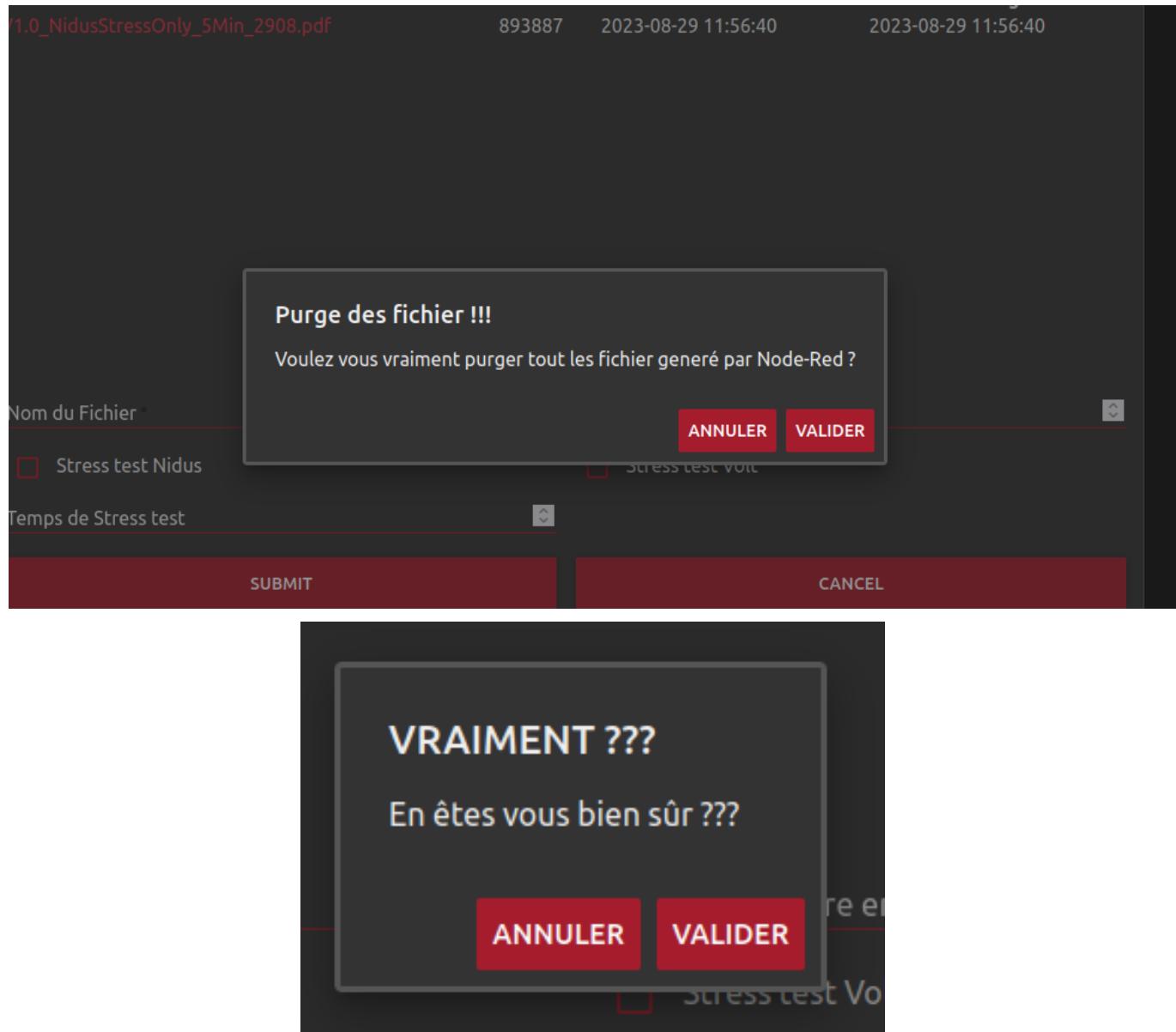


La partie supérieure gère l'affichage des fichiers dans un modèle et ajoute aux noms de fichier des requêtes GET qui permettent de télécharger les fichiers en un seul clic. La partie inférieure gère la réception des requêtes GET et envoie le fichier demandé à un nœud **read file**, qui le lit et l'envoie ensuite à un nœud **http response**. Ce dernier envoie le fichier au client ayant effectué la requête.

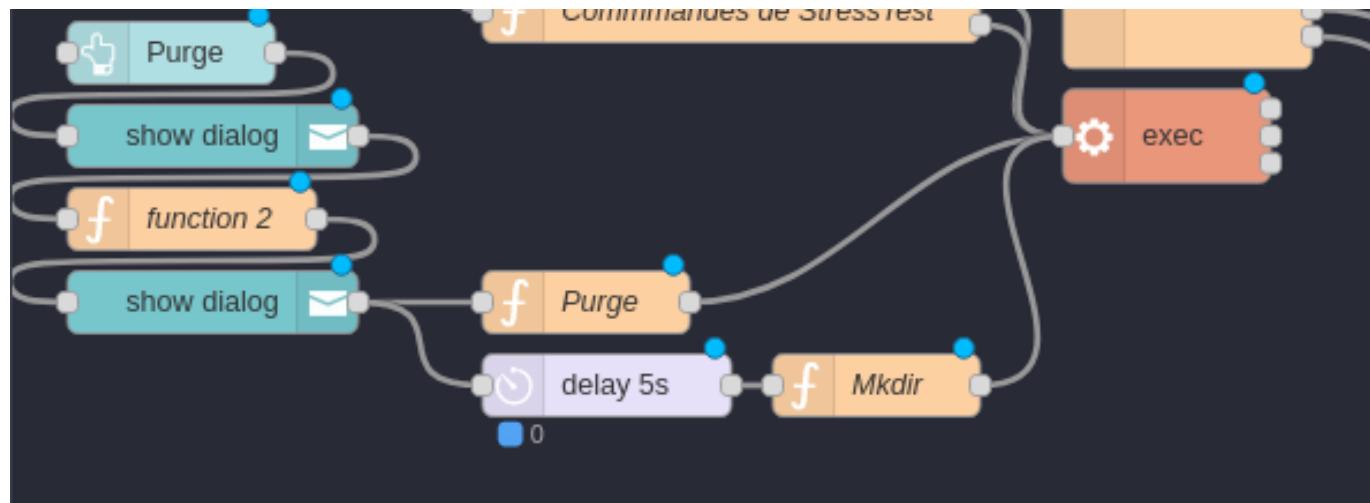


19.4. Purge

Au cours de mes tests, j'ai réalisé qu'un problème survient lorsque l'on génère un certain nombre de rapports, le dossier devient rapidement surchargé. Par conséquent, j'ai décidé de mettre en place un bouton permettant de purger le dossier de tous les fichiers .pdf et .png qui s'y trouvent. Cependant, pour éviter toute suppression accidentelle de fichiers importants, j'ai mis en place un système de confirmation demandant à l'utilisateur s'il est sûr de vouloir supprimer les fichiers.



Voici les nœuds qui gèrent cette partie :



Ce que l'on peut observer, c'est qu'après avoir appuyé sur le bouton de purge, un message est envoyé dans un nœud **show dialog** qui affiche une fenêtre de confirmation. Si l'utilisateur appuie sur le bouton "Oui", un message est transmis à un nœud de fonction qui vérifie le contenu du message et redemande une confirmation s'il est à nouveau validé. À ce stade, deux flux sont créés :

- Le premier effectue la purge totale de tous les fichiers dans </home/NodeRed/>.
- Le second commence par un délai de quelques secondes avant de recréer les dossiers de structuration.

20. Gatling Test V2.0

20.1. But

L'objectif de cette étape est d'intégrer Gatling aux tests de Node-Red, offrant ainsi la possibilité de réaliser à la fois des tests de charge et des tests de stress sur la même infrastructure.

20.2. Étapes à Atteindre

1. **Exécution d'un Test Préétabli sur Gatling depuis Node-Red** : La première étape consiste à configurer et à exécuter un test préétabli à l'aide de Gatling directement depuis l'environnement Node-Red. Cela permettra de lancer les scénarios de test sur l'application ou le système cible.
2. **Récupération des Résultats de Gatling et Création de Graphiques pour l'Incorporation au PDF** : Une fois le test Gatling terminé, nous devrons récupérer les résultats générés par Gatling. Ces résultats seront ensuite transformés en graphiques informatifs pour être intégrés dans le rapport PDF. Cette étape vise à rendre les données de performance facilement compréhensibles.
3. **Définition de la Durée du Test Gatling depuis Node-Red** : Pour chaque test Gatling, il sera nécessaire de définir la durée de l'exécution du test directement depuis Node-Red. Cela permettra de personnaliser la durée des tests en fonction des exigences du projet.

Cette intégration de Gatling aux tests Node-Red offre un moyen puissant d'évaluer les performances de l'infrastructure tout en maintenant un contrôle complet sur les scénarios de test et les paramètres de durée.

20.3. Exécution d'un Test Préétabli sur Gatling depuis Node-Red

L'exécution d'un test préétabli sur Gatling depuis Node-Red revêt une importance cruciale pour la suite du projet. Cela permettra de lancer les scénarios de test sur l'application ou le système cible. Pour réaliser cette étape, nous allons utiliser le nœud **exec** de Node-Red, qui nous permet d'exécuter des commandes sur le système d'exploitation. Ce nœud sera utilisé pour lancer les commandes Gatling nécessaires afin de lancer les tests.

Je lui transmets la commande suivante en entrée :

```
tobby@Nidus:~ $ /home/tobby/.gatling/gatling-charts-highcharts-bundle-3.9.5/bin/gatling.sh -s CuriusTREx -bm --run-mode local -erjo " -Dusers=5 -Dramp=5"
```

Nom du Fichier *

Temps de mesure en minutes *

Stress test Nidus
 Stress test Volt

Temps de Stress test *

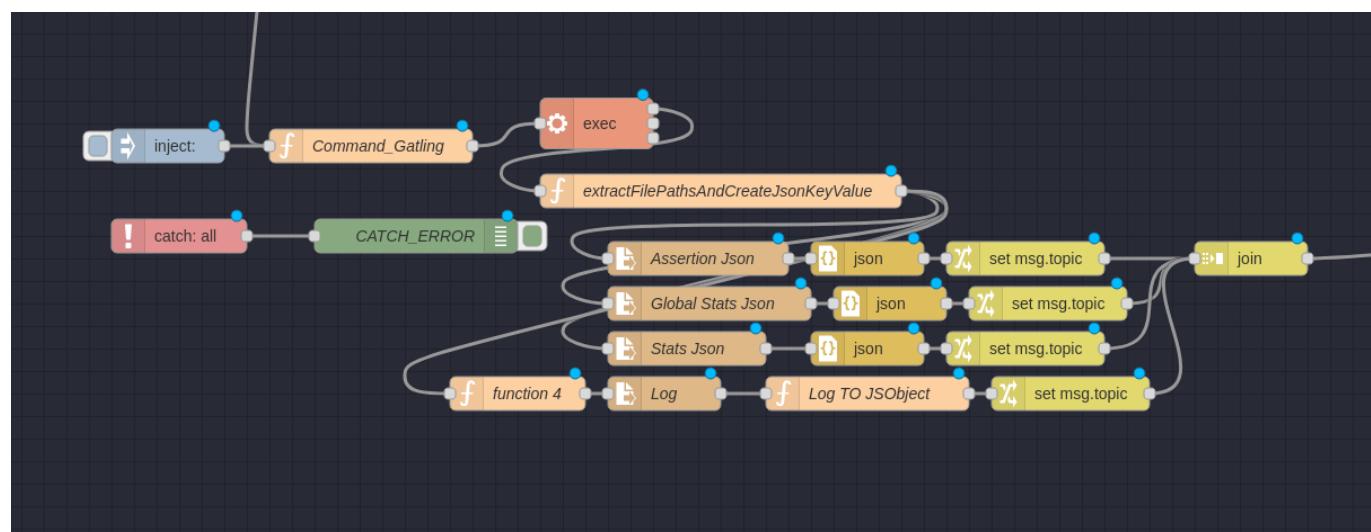
Temps de montée *

Nombre d'utilisateur *

SUBMIT CANCEL

REFRESH PURGE

TÉLÉCHARGER



20.4. Envoi de Commande avec une Durée

L'une des premières étapes essentielles est de pouvoir définir une durée pour le test. Pour accomplir cette tâche, j'ai employé un nœud **function** qui permet de spécifier la durée du test en fonction de la valeur saisie par l'utilisateur. Cette valeur est ensuite transmise à un nœud **exec** qui se charge d'exécuter la commande Gatling nécessaire. Voici le code de la fonction :

```
msg.original = msg.payload;
if (msg.topic !== "inject" && msg.payload.time_gatling !== undefined &&
msg.payload.user_gatling !== undefined) {
    // Crée la commande en utilisant les valeurs spécifiées
    msg.payload.time = msg.payload.time_gatling * 60;
    msg.payload = `./home/tobby/.gatling/gatling-charts-highcharts-bundle-
3.9.5/bin/gatling.sh -s CuriusTREx -bm --run-mode local -erjo "-
Dusers=${msg.payload.user_gatling} -Dramp=${msg.payload.time_gatling}"`;
} else {
    // Utilise la commande d'origine car il ne s'agit pas d'un noeud inject ou
    // les valeurs ne sont pas fournies
    // Par défaut, utilisez la commande actuelle
    msg.payload = "/home/tobby/.gatling/gatling-charts-highcharts-bundle-
3.9.5/bin/gatling.sh -s CuriusTREx -bm --run-mode local -erjo \" -Dusers=5 -
Dramp=5\"";
}

// Renvoie le message modifié
return msg;
```

20.5. Récupération des Informations

Pour obtenir les informations d'un rapport Gatling, j'ai dû entreprendre une rétro-ingénierie significative. En effet, Gatling ne propose pas de mécanisme direct pour extraire des informations depuis la ligne de commande. Il est nécessaire de collecter les données directement à partir des fichiers générés par Gatling. Voici un exemple de fichier généré par Gatling :

```
RUN CuriusTREx_Bash curiustrex-bash 1693898386165      3.9.5
USER   CuriusTREx START  1693898386953
REQUEST request_0  1693898386949  1693898386985  OK
REQUEST request_1  1693898387009  1693898387014  OK
USER   CuriusTREx START  1693898387108
REQUEST request_0  1693898387107  1693898387128  OK
REQUEST request_1  1693898387132  1693898387136  OK
REQUEST styles.css 1693898387162  1693898387167  OK
REQUEST styles.css 1693898387162  1693898387167  OK
REQUEST request_2  1693898387184  1693898387189  OK
REQUEST request_2  1693898387184  1693898387189  OK
REQUEST styles.css 1693898387211  1693898387222  OK
REQUEST Home.jpg   1693898387212  1693898387228  OK
REQUEST styles.css 1693898387223  1693898387233  OK
REQUEST Données.jpg 1693898387213  1693898387234  OK
REQUEST Home.jpg   1693898387224  1693898387239  OK
REQUEST Test_Complet.jpg 1693898387215  1693898387241  OK
```

On peut donc voir qu'il y a **beaucoup d'information à traiter dans ce cas particulier**, le test dure 30 secondes avec 5 utilisateurs, et le fichier **simulation.log** fait **3'114 lignes**.

Étant donné que les informations sont sauvegardées à chaque fois dans un fichier différent, j'ai mis en place une fonction dans un nœud qui me permet de récupérer le nom du dossier dans lequel le rapport et les logs sont sauvegardés.

Ensuite, j'en fais un tableau de chemins de fichiers :

```
// Fonction pour extraire le chemin après "file://"
var inputPayload = msg.payload;

// Recherche de l'index de "file://"
var fileIndex = inputPayload.indexOf("file://");

// Si "file://" est trouvé, extrayez le chemin après
if (fileIndex !== -1) {
    // Extraire le chemin après "file://"
    var filePath = inputPayload.substring(fileIndex + 7); // +7 pour sauter
    "file://"

    // Supprimer le fichier index.html du chemin, s'il est présent
    filePath = filePath.substring(0, filePath.length - 12); // -11 pour
    enlever "/index.html"

    // Mettre le chemin extrait dans le message de sortie
    msg.payload = filePath;

    // Tableau de noms de fichiers .json
    var jsonFilesList = [
        "assertions.json",
        "global_stats.json",
        "stats.json"
    ];

    // Créer un tableau de clé-valeurs pour les fichiers .json
    var jsonFilesKeyValue = {};

    // Parcourir la liste des noms de fichiers et construire les chemins complets
    for (var i = 0; i < jsonFilesList.length; i++) {
        var jsonFileName = jsonFilesList[i];
        var jsonFilePath = filePath + '/js/' + jsonFileName;
        jsonFilesKeyValue[jsonFileName] = jsonFilePath;
    }

    // Ajouter le tableau de clé-valeurs au message
    msg.jsonFiles = jsonFilesKeyValue;

    // Renvoyer le message modifié
    return msg;
} else {
    // Aucun "file://" trouvé, renvoyer le message d'origine
    return msg;
}
```

Tout cela se fait à la sortie du nœud exec, lequel renvoie les informations suivantes :

```
[...]
=====
2023-09-05 11:05:03                                     29s elapsed
---- Requests -----
[...]
---- CuriusTREx -----
[#####] 100%
    waiting: 0      / active: 0      / done: 150
=====
Simulation CuriusTREX_Bash completed in 29 seconds
Parsing log file(s)...
Parsing log file(s) done
Generating reports...

=====
---- Global Information -----
[...]
---- Response Time Distribution -----
> t < 800 ms                                         2816 (100%)
> 800 ms <= t < 1200 ms                           0 (  0%)
> t >= 1200 ms                                      0 (  0%)
> failed                                            0 (  0%)
=====
Reports generated in 0s.
Please open the following file:
file:///home/toblerc/T%C3%A9l%C3%A9chargements/gatling-charts-highcharts-bundle-3.9.5/results/curiustrex-bash-20230905090433239/index.html
```

20.6. Traitement des données

Une fois les chemins des fichiers définis, je lis les fichiers JSON et les transmets à un nœud **JSON** chargé de les traiter et de les renvoyer dans un format exploitable par Node-Red.

En sortie, j'assemble les quatre fichiers en un seul message que j'envoie ensuite aux fonctions de création de graphiques.

20.6.1. Création des graphiques

Je crée deux graphiques, l'un utilisant le pourcentage de réussite et d'échec pour générer un bar chart :

```
// Données reçues du flux précédent
var rawData = msg.payload.gatling.Global; // Utilisez les données de
msg.payload.gatling.Global
msg.topic = "VoltBarChart"; // Définir le sujet du message

// Extraction des données nécessaires
var groupData = [
  rawData.group1,
  rawData.group2,
  rawData.group3,
  rawData.group4
];

var labels = [];
var percentages = [];

// Parcourir les données des groupes et extraire les informations
for (var i = 1; i <= groupData.length; i++) {
  var groupName = "group" + i;
  labels.push(rawData[groupName].htmlName);
  percentages.push(rawData[groupName].percentage);
}

// Crédit au graphique
var chartData = {
  type: 'bar', // Utiliser un graphique de type "bar"
  options: {
    title: {
      display: true,
      text: 'Répartition des performances par groupe' // Titre du graphique
    },
    chartArea: {
      backgroundColor: '#d3d7dd' // Couleur de fond du graphique
    },
    scales: {
      x: {
        beginAtZero: true,
        title: {
          display: true,
          text: 'Groupes' // Titre de l'axe des X
        }
      },
      y: {
        beginAtZero: true,
        title: {
          display: true,
          text: 'Pourcentage' // Titre de l'axe des Y
        }
      }
    }
},
```

```

plugins: {
    datalabels: {
        anchor: 'end',
        align: 'top',
        formatter: function (value) {
            return value + '%'; // Ajouter le symbole de pourcentage à
l'étiquette
        }
    }
},
data: {
    labels: labels,
    datasets: [
        {
            label: "Pourcentage", // Légende de l'ensemble de données
            backgroundColor: 'rgba(0, 128, 255, 0.7)', // Couleur du
remplissage des barres
            data: percentages
        }
    ]
};
};

msg.payload = chartData; // Attribuer les données du graphique au message
return msg; // Renvoyer le message

```

Le deuxième calcule le temps de réponse de chaque requête afin de créer un graphique linéaire :

```

// Assurez-vous que msg.payload.gatling.Log est un tableau
var logEntries = Array.isArray(msg.payload.gatling.Log) ? msg.payload.gatling.Log
: [];

// Création du graphique
var chartData = {
    type: 'line', // Utilisez un graphique de type "line"
    options: {
        title: {
            display: true,
            text: 'Comparaison des performances' // Titre du graphique
        },
        legend: {
            display: true // Affichez la légende du graphique
        },
        chartArea: {
            backgroundColor: '#d3d7dd' // Couleur de fond du graphique
        },
        plugins: {
            datalabels: {
                display: false // Désactivez l'affichage des étiquettes de
données
            }
        }
    },
    data: {
        labels: logEntries.map(function (entry) {
            if (entry.type === 'RUN') {
                return 'Début de la Simulation'; // Label pour les opérations de
type "RUN"
            } else if (entry.type === 'REQUEST') {
                // Calcul de la différence en millisecondes entre le début de la
simulation et le début de la requête
                var simulationStart = logEntries.find(function (item) {
                    return item.type === 'RUN';

```

```

    });
    if (simulationStart) {
        var startTime = simulationStart.start;
        var requestTime = entry.start;
        var timeDiff = requestTime - startTime;
        return (timeDiff / 1000).toFixed(0) + ' s'; // Temps en
secondes
    } else {
        return 'N/A'; // Si aucune opération de type "RUN" n'est
trouvée
    }
} else {
    return ''; // Autres types d'opérations (USER, etc.) sans label
}
},
datasets: [
{
    label: "Temps de Réponse", // Légende de l'ensemble de données
    borderColor: 'rgba(0, 128, 255, 1)', // Couleur de la ligne du
graphique
    fill: false, // Désactivez le remplissage sous la ligne
    data: logEntries.map(function (entry) {
        if (entry.type === 'REQUEST') {
            // Calcul de la différence en millisecondes entre le
début et la fin de la requête
            var requestStart = entry.start;
            var requestEnd = entry.end;
            var requestTime = requestEnd - requestStart;
            return requestTime;
        } else {
            return 0; // Valeurs pour les opérations de type "RUN" ou
autres
        }
    }),
    pointRadius: 0, // Diamètre des points sur le graphique
}
]
},
];
msg.payload = chartData; // Attribuez les données du graphique au message
return msg; // Renvoyez le message

```

20.6.2. PDF

Une fois les chart créer, je les réutilise dans le noeud de création de PDF pour les ajouter au rapport :

```

/**
 *
 * Vu précédemment
 *
 */
{
    text: "Gatling", // Section Gatling
    style: "header2"
},
{
    text: "Nom de la simulation : " +
msg.payload.gatling.Assertion.simulation // Nom de la simulation Gatling
},
{
    text: "Commencée : " +
msg.payload.gatling.Assertion.start // Date de début de la simulation Gatling (à
formater)

```

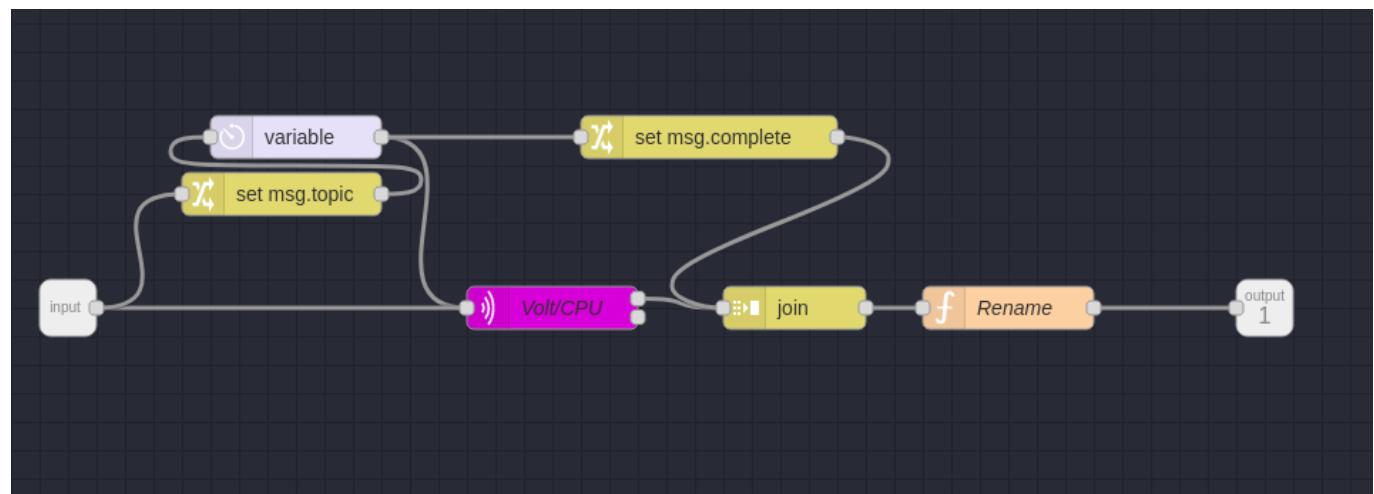
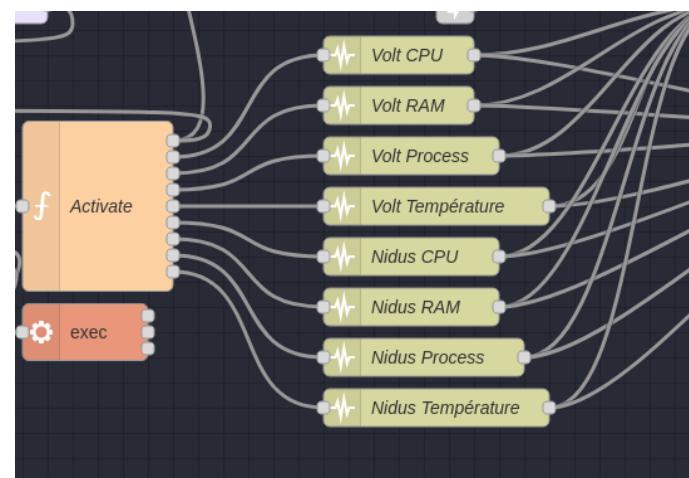
```
},
{
    image: 'gatlingImage', // Image Gatling
    width: 500,
},
{
    image: 'gatlingGraphComplete', // Image graphique complet Gatling
    width: 500,
},
],
images: {
    voltImage: 'data:image/png;base64,' +
msg.payload.voltGraph.toString('base64'), // Utilisation du buffer pour l'image Volt
    wattImage: 'data:image/png;base64,' +
msg.payload.wattGraph.toString('base64'), // Utilisation du buffer pour l'image Watt de Volt
    nidusImage: 'data:image/png;base64,' +
msg.payload.nidusGraph.toString('base64'), // Utilisation du buffer pour l'image Nidus
    gatlingImage: 'data:image/png;base64,' +
msg.payload.gatlingGraph.toString('base64'), // Utilisation du buffer pour l'image Gatling
    gatlingGraphComplete: 'data:image/png;base64,' +
msg.payload.gatlingGraphComplete.toString('base64'), // Utilisation du buffer pour l'image Gatling
},
/**
 *
 * Vu precedemment
 */

```

20.7. Refactoring

Pour finir, j'ai créer des subflow pour le noeud MQTT afin de simplifier la visualisation et le management des données

:



21. Gatling V3.0

Maintenant que l'étape de "PoC" a été atteinte, il est temps de passer à la version utilisable du projet. À partir de Node-Red, vous pouvez désormais réaliser les actions suivantes :

- Lancer des StressTests
- Lancer des tests Gatling
- Récupérer les informations de monitoring (CPU, RAM, Température, etc.)
- Récupérer les informations de Gatling (Temps de réponse, pourcentage de réussite, etc.)
- Joindre les informations pour créer des graphiques
- Regrouper tout pour créer un rapport PDF

Les objectifs à atteindre sont donc les suivants :

- Passer des paramètres de test à Gatling depuis Node-Red
- Intégrer le CSV de Gatling avec Node-Red
- Améliorer l'interface utilisateur de Node-Red
- Ajouter les valeurs souhaitées dans le rapport PDF
- Modifier les graphiques pour une meilleure lisibilité
- Ajouter la possibilité d'exporter les données au format JSON
- Ajouter la possibilité d'importer les données au format JSON et de générer un PDF

21.1. UI

Pour l'interface utilisateur (UI), j'ai choisi de limiter le temps sélectionné à la durée du test. Ce choix s'explique par le fait qu'en principe, la durée des mesures devrait toujours correspondre à la durée de Gatling. Cependant, je laisse toujours la possibilité de définir la durée du StressTest indépendamment de Gatling.

J'ai ajouté une entrée pour définir si un ventilateur est activé. Actuellement, avec des températures proches de 30 degrés à l'extérieur, le ventilateur est nécessaire pour éviter la surchauffe du Raspberry Pi. Sachant cela, je voulais avoir la possibilité de le notifier dans le rapport.

À l'heure actuelle, le ventilateur est un ventilateur de bureau pris dans mon stock personnel, actionné par un bouton. Il n'est donc pas possible de le contrôler depuis Node-Red. Cependant, il est possible qu'à l'avenir, un ventilateur contrôlable soit utilisé, auquel cas il sera possible de l'activer ou de le désactiver depuis Node-Red.

Pour permettre de garder un certain contrôle, j'ai ajouté les informations de monitoring directement à côté du formulaire de lancement du test. Ainsi, il est possible de voir les valeurs de monitoring en temps réel et de surveiller le déroulement du test.

21.1.1. Ventilateur



21.1.2. UI

Gatling_V3.0

Fichier

Nom de Fichier	Taille	Créer	Changer
1_1Min_0509.pdf	1609368	2023-09-05 07:26:13	2023-09-05 07:26:13
2_2Min_0509.pdf	1883053	2023-09-05 07:06:04	2023-09-05 07:06:04
Data_1Min_0509.pdf	1654337	2023-09-05 06:52:50	2023-09-05 06:52:50
GatlingPDFV3_10Min_0509.pdf	1741162	2023-09-05 08:28:59	2023-09-05 08:28:59
GatlingPDFV3_Ventil_10Min_0509.pdf	1695627	2023-09-05 08:49:00	2023-09-05 08:49:01
GatlingWithCommands_5Min_0509.pdf	2165373	2023-09-05 07:34:25	2023-09-05 07:34:25
Gatling_5Min_0509.pdf	1786499	2023-09-05 06:48:36	2023-09-05 06:48:36
TestA_1Min_0509.pdf	1650801	2023-09-05 07:16:16	2023-09-05 07:16:16
Test_1Min_0509.pdf	1671146	2023-09-05 07:01:36	2023-09-05 07:01:36
VentilBothGatling_15Min_0409.pdf	1943767	2023-09-04 08:18:28	2023-09-04 08:18:28
VentilateurNidus_15Min_0409.pdf	1379646	2023-09-04 08:01:36	2023-09-04 08:01:36
VentilateurVolt_15Min_0409.pdf	1462617	2023-09-04 07:26:14	2023-09-04 07:26:14

Nom du Fichier pdf: _____

Temps de mesure en minutes: _____

Stress test Volt
 Stress test Nidus

Temps de Stress test en minutes: _____

Nombre d'utilisateur: _____

Ventilateur activée ?

SUBMIT **CANCEL**

REFRESH **01:32/60:00** **PURGE**

TÉLÉCHARGER

INA219

MilliWatt : 491.28

Volt

CPU

13.5

RAM

5.36

Processus

147

Temp

47.2

Nidus

CPU

36.1

RAM

25.39

Processus

0

Température

0

22. Problèmes

Comme dans tout projet, j'ai rencontré des problèmes lors de la réalisation de ce projet. Certains ont été résolus, d'autres non. Dans cette section, je vais décrire les problèmes rencontrés et les solutions que j'ai trouvées.

22.1. Problème de Détection I2C

Lors de l'installation de l'INA219, l'une des premières étapes consiste à vérifier si le Raspberry Pi détecte correctement le module. Pour ce faire, il faut utiliser la commande `sudo i2cdetect -y 1`, qui permet de répertorier les modules I2C connectés au Raspberry Pi. Cependant, lors de mes tests, j'ai rencontré des difficultés pour détecter l'INA219. J'ai donc entrepris une série de tests avec l'aide précieuse de M. Singelé afin de déterminer la cause du problème.

Voici les tests que j'ai effectués :

- Vérification des soudures (Vérifié avec M. Singelé)
- Vérification des connexions par câble (Vérifié avec M. Singelé)
- Vérification de la tension délivrée à la puce (3.3V)
- Activation de l'I2C sur le Raspberry Pi
- Vérification de la présence du Bus I2C (`ls /dev/i2c*`)
- Vérification des adresses de la puce (1 en 40 et 1 en 41)
- Essai avec une autre puce (soudée par M. Singelé)
- Essai avec un autre Raspberry Pi 4
- Essai avec un Raspberry Pi 3B
- Vérification des logs de l'I2C
- Contournement de la commande `i2cdetect` et essai direct d'un script Python capable de réaliser une requête toutes les 0.00057 secondes
- Essai sur un autre emplacement de la breadboard
- Vérification de la présence de modules noyau I2C (`lsmod | grep i2c`)
- Vérification avec un oscilloscope

Malheureusement, aucun de ces tests n'a abouti à une solution. J'ai donc pris la décision de repartir de zéro en effectuant une installation propre, sans Node-Red ni Gatling. À ce moment-là, j'ai enfin pu détecter mes puces avec succès.

```
tobby@Nidus:~ $ sudo i2cdetect -y 1
      0  1  2  3  4  5  6  7  8  9  a  b  c  d  e  f
00:          - - - - - - - - - - - - - - - - - -
10:          - - - - - - - - - - - - - - - - - -
20:          - - - - - - - - - - - - - - - - - -
30:          - - - - - - - - - - - - - - - - - -
40: 40          - - - - - - - - - - - - - - - -
50:          - - - - - - - - - - - - - - - - - -
60:          - - - - - - - - - - - - - - - - - -
70:          - - - - - - - - - - - - - - - - - -
```



```
tobby@Nidus:~ $ sudo i2cdetect -y 1
      0  1  2  3  4  5  6  7  8  9  a  b  c  d  e  f
00:          - - - - - - - - - - - - - - - - - -
10:          - - - - - - - - - - - - - - - - - -
20:          - - - - - - - - - - - - - - - - - -
30:          - - - - - - - - - - - - - - - - - -
40:          - - 41 - - - - - - - - - - - - - -
50:          - - - - - - - - - - - - - - - - - -
60:          - - - - - - - - - - - - - - - - - -
70:          - - - - - - - - - - - - - - - - - -
```

Une fois que la puce a été détectée, j'ai entrepris une réinstallation minutieuse de Node-Red et Gatling, vérifiant étape par étape si la détection de la puce était toujours fonctionnelle. Finalement, j'en ai conclu que le problème résidait dans le chargement incorrect du module I2C lors de ma première installation.

22.2. Problème de Performance

Lors de la troisième itération du projet, un problème significatif s'est manifesté. Jusqu'à présent, mes tests avec Gatling étaient relativement courts, d'une durée de moins de 20 minutes et avec un seul utilisateur. Cependant, lors de mon premier test avec 5 utilisateurs pendant 30 minutes, une erreur de mémoire insuffisante est survenue.

Pour récupérer les informations de Gatling, j'extrayais les données des fichiers journaux. Avec ces paramètres, le fichier journal devenait très rapidement volumineux. De plus, ma méthode de traitement des informations était gourmande en mémoire. J'ai donc dû revoir ma manière de traiter les données et de les stocker pour éviter ce genre de problème.

À l'origine, dans l'idée de généraliser mes fonctions, je visais à regrouper toutes les sources de données en un seul flux. Cependant, cela s'est avéré non optimal en termes de mémoire et de puissance de calcul. J'ai donc décidé de séparer les sources de données en plusieurs flux distincts et de les traiter individuellement. Cela a permis de réduire la charge de travail de Node-Red et, par conséquent, de réduire la consommation de mémoire.

Cependant, bien que cela permette de lancer des tests plus imposants, cela ne résout pas entièrement le problème de mémoire pour des tests de charges plus longs avec de nombreux utilisateurs. Il est important de noter que le Raspberry Pi 4 n'est pas un serveur capable de gérer des tests de charges massifs.

22.2.1. Solutions testées :

- Traitement des données séparément au lieu de les regrouper en un seul flux.
- Traitement précoce des données dans le flux pour éviter le stockage excessif de données.

22.2.2. Solutions possibles :

- Externalisation de Node-Red sur un serveur plus puissant pour améliorer les performances.

22.2.3. Solution choisie :

En traitant les informations plus tôt dans le flux et en évitant de joindre les flux inutilement, j'ai pu réduire la consommation de mémoire et ainsi éviter les problèmes de performances. Cependant, il est essentiel de noter que, malgré ces améliorations, je ne peux pas réaliser des tests de charge avec de nombreux utilisateurs sur de longues périodes.

J'ai réussi à réaliser des tests avec 10 utilisateurs effectuant 6 requêtes par seconde pendant 5 minutes, ou un test d'une heure avec un seul utilisateur.

Il est important de maintenir des attentes réalistes : le Raspberry Pi 4 n'est pas un serveur et ne peut pas gérer des tests de charge avec des milliers d'utilisateurs pendant des heures et traiter ensuite des millions de lignes de journaux.

22.3. Température

Les Raspberry Pi sont connus pour leur tendance à surchauffer. C'est pourquoi il est important de prendre des mesures pour éviter la surchauffe.

Dans un premier temps la solution abordée dès le départ fut de greffer Nidus et Volt de radiateur afin de dissiper la chaleur. Cependant, cette solution n'était pas suffisante pour éviter la surchauffe. J'ai donc décidé d'ajouter un ventilateur de bureau pour aider à dissiper la chaleur.

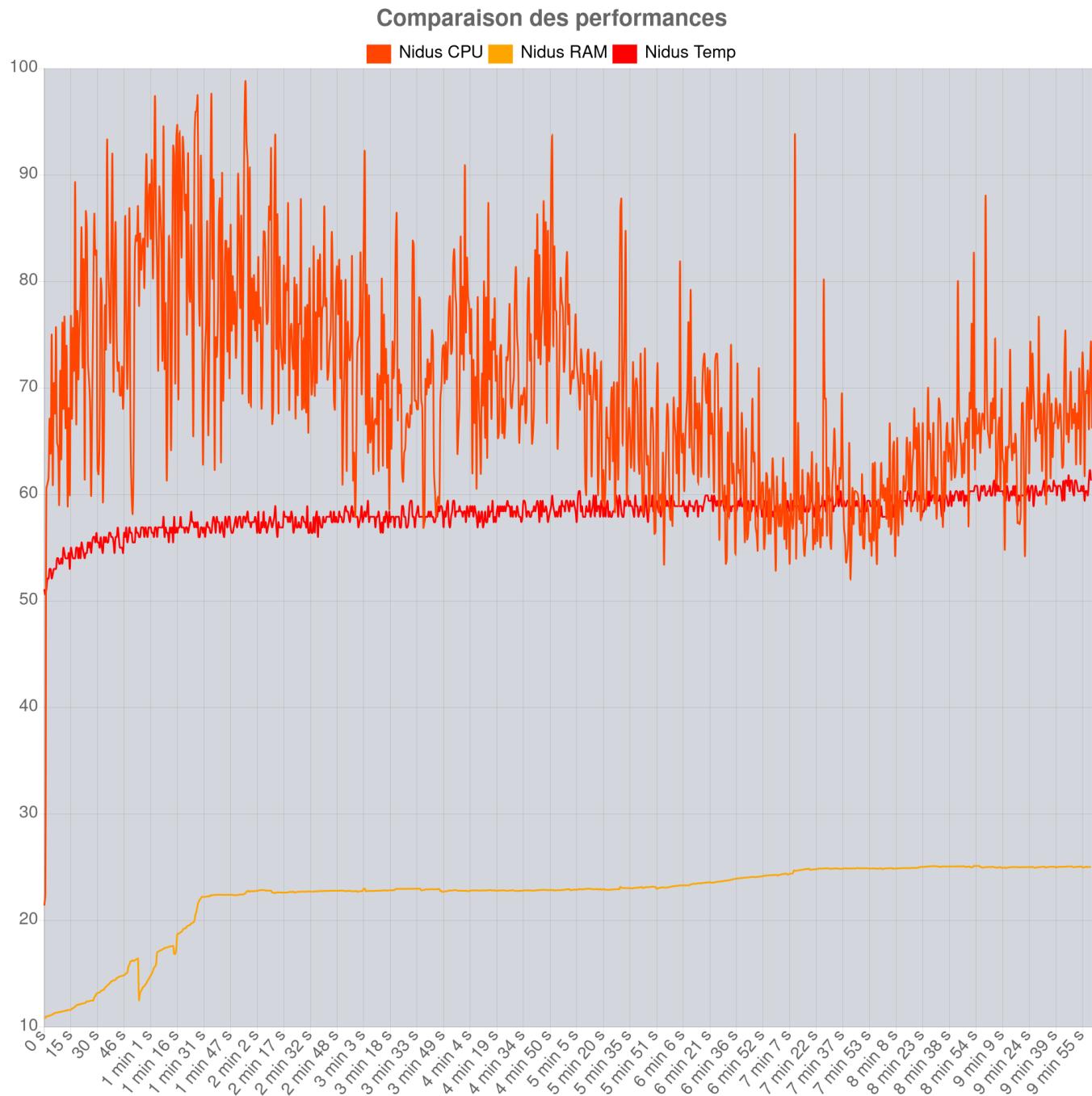
Cependant, le ventilateur n'est pas contrôlable depuis Node-Red, ce qui signifie qu'il doit être activé manuellement.

Cela signifie également que le ventilateur doit être activé avant le début du test et désactivé après la fin du test.

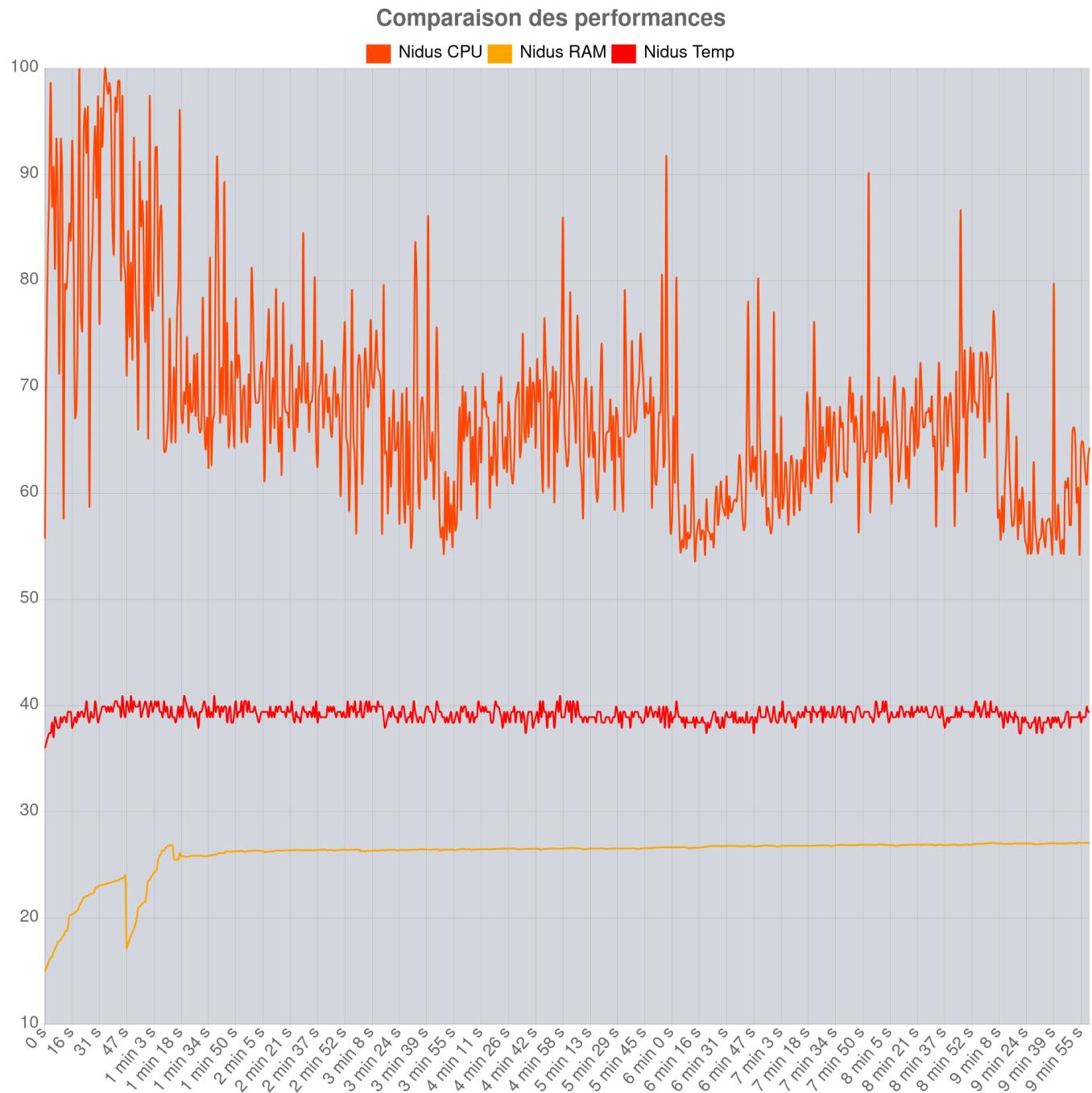
Cela peut être problématique car il dépend forcément d'une intervention humaine. Cependant, il est possible de le contrôler depuis Node-Red, mais cela nécessite l'utilisation d'un ventilateur contrôlable, c'est pour quoi j'ai décidé de rajouter un bouton pour mentionner si le ventilateur est utilisée ou non, afin de pouvoir le notifier dans le rapport et à terme si l'on ajoute un ventilateur contrôlable, de pouvoir l'activer ou le désactiver depuis Node-Red.

Et après plusieurs test j'ai pu comparer les résultats avec et sans ventilateur, pour garantir que les résultats du test ne sont pas faussés par l'environnement, j'ai décidé que avant les test je laisserais le ventilateur tourner pendant 5 minutes pour que la température soit stable pour le test avec ventilateur et pour l'autre je laisserais le ventilateur éteint pendant 5 minutes pour que la température soit stable pour le test sans ventilateur.

22.3.1. Sans ventilateur



22.3.2. Avec Ventilateur



22.4. Analyse des Résultats des Tests de Performance

Dans un souci de fournir des résultats impartiaux, il est important de noter certaines observations lors des tests de performance avec et sans ventilateur. Ces observations visent à contextualiser les résultats et à en expliquer les variations.

Lors du test avec le ventilateur activé, une légère augmentation de la consommation de RAM a été observée par rapport au test sans ventilateur. Il est crucial de noter que cette différence est minime et peut être attribuée à des facteurs tels que l'ordre de réalisation des tests. En effet, le test avec le ventilateur a été effectué après le test sans ventilateur, et il est possible que la RAM n'ait pas été complètement libérée après le premier test, ce qui aurait pu influencer légèrement la consommation de RAM dans le second test.

Cependant, les variations les plus significatives ont été observées au niveau des températures. La température du processeur est restée constamment en dessous de 40 degrés Celsius lors du test avec le ventilateur en fonctionnement, tandis qu'elle a dépassé les 60 degrés Celsius lors du test sans ventilateur. Ces résultats démontrent clairement l'impact positif du ventilateur sur la température du processeur.

Il est important de noter que ces tests ont été réalisés pendant une période de canicule, ce qui signifie que la température ambiante était exceptionnellement élevée. Cela suggère que, dans des conditions ambiantes plus fraîches, la température du processeur aurait pu être encore plus basse. Cependant, il est peu probable que cela ait eu un impact significatif sur les différences observées, car la réduction de la température du processeur grâce au ventilateur était clairement substantielle et significative.

23. Choix effectués

Dans cette section, je vais détailler les choix que j'ai effectués pour chaque composant et technologie utilisée dans le cadre de ce projet. Il est important de noter que les options que j'ai choisies correspondent à celles que j'ai spécifiées au début du projet, sauf mention contraire. Voici un aperçu de ces choix :

23.1. Node-Red

Node-Red a été sélectionné comme principal outil de développement pour plusieurs raisons. Tout d'abord, il offre une interface visuelle conviviale pour la création de flux de données et d'automatisations, ce qui le rend accessible même pour ceux qui n'ont pas de compétences avancées en programmation. De plus, Node-Red dispose d'une vaste bibliothèque de nœuds (nodes) préconçus, ce qui accélère considérablement le processus de développement. Enfin, il est compatible avec les protocoles MQTT et SSH, ce qui le rend idéal pour notre application.

23.2. MQTT pour les Relevés de Monitoring

Le **protocole MQTT** a été retenu pour la communication entre les dispositifs IoT et le serveur central pour les relevés de monitoring. Cela est dû à sa légèreté, à son efficacité dans la gestion de nombreuses connexions simultanées et à sa prise en charge par Node-Red. Il offre également une flexibilité pour la mise en œuvre de stratégies de publication/abonnement, ce qui est essentiel pour notre application de suivi de la consommation énergétique.

23.3. Rapport PDF

Le choix entre un **rapport PDF** et un **rapport HTML** c'est surtout fait pour la portabilité et la facilité de lecture. En effet, un rapport PDF est plus facile à lire et à partager qu'un rapport HTML. A terme, il est possible grâce à la flexibilité de Node-Red de générer un rapport HTML, mais pour l'instant, le rapport PDF est plus adapté à notre application.

23.4. INA219

L'instrumentation pour la mesure de la consommation électrique a été un choix crucial. J'ai opté pour l'utilisation de l'**INA219** en raison de sa précision dans la mesure des tensions et courants, ainsi que de sa compatibilité avec les Raspberry Pi. Cependant, la prise de décision a été facilitée par le fait que l'INA219 répondait parfaitement aux exigences de notre projet.

23.5. Gatling

Pour les tests de charge et de performance, **Gatling** a été choisi. Cet outil a été privilégié pour sa simplicité d'utilisation, sa capacité à générer des charges réalistes et sa compatibilité avec Node-Red pour l'automatisation des tests. Bien que **JMeter** soit un outil bien établi dans ce domaine, Gatling s'est révélé plus adapté à nos besoins spécifiques en termes de flexibilité et de génération de rapports.

Ces choix ont été soigneusement réfléchis et correspondent aux besoins et aux objectifs du projet. Ils ont été guidés par des considérations techniques, de facilité de mise en œuvre et de compatibilité avec les autres composants du système.

24. Améliorations Futures

Dès les premiers prémisses de ce projet, il a toujours été clair pour toutes les parties prenantes que l'objectif n'était pas de limiter ce produit à une utilisation personnelle. Au contraire, l'idéal serait de fournir un outil Open-Source que les développeurs pourraient utiliser, contribuer et améliorer. Dans cette section, je vais détailler les améliorations que je souhaite apporter à ce projet après la période de mon travail de diplôme.

Le travail de diplôme est limité à une durée fixe de 6 semaines, mais après cette période, je continuerai à travailler sur le projet et le publierai sur GitHub. Mon engagement est de poursuivre le développement autant que possible.

Personnellement, je crois qu'à notre époque, l'optimisation des ressources pour des raisons de performance est souvent mise en avant, mais l'optimisation de la consommation d'énergie est négligée. C'est pourquoi je pense que ce projet a un grand potentiel pour devenir un outil de référence pour les développeurs, en mettant l'accent sur l'efficacité énergétique.

24.1. Amélioration du calcul de la bar de chargement

Actuellement, la barre de chargement est calculé par rapport au temps défini par l'utilisateur lors de la création du test. Cependant, il serait plus intéressant de calculer la barre de chargement par rapport au temps de la simulation Gatling. Cela permettrait d'avoir une barre de chargement plus précise et plus réaliste.

24.2. Base de Données

L'ajout d'une base de données permettrait de stocker les données de monitoring et de Gatling. Cela aurait plusieurs avantages, notamment la conservation d'un historique des données pour des analyses futures. De plus, cela réduirait la charge de travail de Node-Red, car les données seraient stockées dans une base de données plutôt que dans des fichiers.

24.3. Utilisation de FlowFuse

L'adoption de FlowFuse offrirait une solution pour dépasser les limitations en termes de puissance de calcul et de mémoire du Raspberry Pi. Cela permettrait également de réduire la charge de travail, notamment lors de la création de rapports, en offrant des ressources supplémentaires pour traiter les données.

24.4. Analyse des Données

Faire appel à des experts en analyse de données et en création de rapports améliorera la précision et la qualité des rapports générés. Cela rendrait également les rapports plus professionnels, ce qui serait essentiel pour des utilisations en entreprise.

24.5. Tests de Cluster

À terme, il serait extrêmement intéressant de pouvoir tester un cluster de Raspberry Pi. Cela permettrait notamment de répartir la charge des serveurs, par exemple un pour le serveur web, un pour la base de données, un pour le proxy et un pour le load balancer. De telles expériences permettraient de tester la scalabilité de l'application et sa capacité à gérer des charges plus importantes.

De plus, avec la possibilité de tester un cluster de Raspberry Pi, il serait également envisageable de tester des clusters Kubernetes pour évaluer si l'application est capable de gérer un environnement de conteneurs orchestrateurs.

24.6. Intégration de Services Cloud

Permettre l'intégration avec des services cloud populaires tels que AWS, Azure ou Google Cloud pour le stockage des données et l'analyse avancée.

24.7. Sécurité Renforcée

Renforcer la sécurité de l'ensemble du système, en mettant en place des mécanismes de chiffrement des données, d'authentification forte et de protection contre les vulnérabilités.

24.8. Intégration de l'Apprentissage Automatique

Explorer l'intégration de l'apprentissage automatique pour l'analyse prédictive des données, ce qui pourrait permettre de détecter des tendances et des anomalies.

24.9. Support Multilingue

Ajouter la prise en charge de plusieurs langues pour rendre l'application accessible à un public international.

24.10. Optimisation d'une distribution Ubuntu

Fournir une distribution Ubuntu optimisée au maximum, n'ayant que le strict minimum en termes de service et de logiciel. Cela permettrait de réduire la consommation de ressources et de faciliter le développement. Cette optimisation permettrait notamment de réduire les biais de performance liés à l'OS et de pouvoir comparer les performances plus en détail.

25. Licences

Ce chapitre présente les licences associées à ce projet, y compris la licence principale du projet, la GPL V3.0, ainsi que les licences des dépendances utilisées.

25.1. Licence Principale du Projet

Le projet principal est sous licence **GNU General Public License Version 3.0 (GPL-3.0)**. Cette licence open source garantit les droits de l'utilisateur à exécuter, étudier, modifier et redistribuer le logiciel.

Pour plus de détails sur la licence **GPL V3.0**, voici le texte complet de la licence.

25.2. Licences des Dépendances

Le projet utilise plusieurs dépendances, chacune étant sous une licence spécifique. Voici un aperçu des licences des dépendances :

1. Licence MIT

- **Chart.js, PDMMake2, PDF Make, pi-ina219,**
- Cette licence permet une utilisation, une modification et une redistribution libres du logiciel, tant que les avis de droits d'auteur sont conservés.

2. Licence Apache 2.0

- **Node-Red, Dashboard, MQTT+, File System Node-Red, Base64 Node-Red, Gatling, FlowFuse,**
- Cette licence permet une utilisation, une modification et une redistribution libres du logiciel, avec des dispositions spécifiques pour les brevets et les contributions.

3. Licence ISC (Internet Systems Consortium)

- **INA219 Node-Red**
- Cette licence permet une utilisation, une modification et une redistribution libres du logiciel, avec une responsabilité limitée.

4. Licence BSD-2-Clause

- **Chart-Image Node-Red**
- Cette licence permet une utilisation, une modification et une redistribution libres du logiciel, tant que les avis de droits d'auteur sont conservés.

5. Licence EPL/EDL (Eclipse Public License / Eclipse Distribution License)

- **Mosquitto**
- Cette licence est spécifique à la fondation Eclipse et permet une utilisation, une modification et une redistribution libres du logiciel, avec des exigences spécifiques pour les distributions.

26. Remerciement

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude envers les personnes qui ont joué des rôles essentiels dans la réalisation de ce projet. Avant tout, je souhaite exprimer ma sincère reconnaissance à M. Benoit Vianin, dont la proposition du projet, le matériel fourni et les conseils avisés ont été cruciaux pour sa mise en place. Sa précieuse assistance technique a été d'une grande importance.

Je tiens également à adresser mes remerciements à M. Fabien Maire, Directeur du service Informatique du SIS2 (Service Informatique du Secondaire 2), pour son accompagnement et ses conseils tout au long de ce travail. Sa vision éclairée et son expertise ont été des facteurs clés dans la réussite de ce projet.

Un remerciement spécial s'adresse à M. Christophe Singele, enseignant en microtechnique au CPNE-TI, pour son soutien inestimable dans la compréhension des schémas électriques et dans la résolution des problèmes de câblage et de connectique. Sa patience et ses connaissances ont été une source inestimable d'aide.

Je saisirai également cette occasion pour exprimer ma gratitude envers l'équipe du SIS2 pour son accueil chaleureux dans leurs locaux et pour le soutien constant qu'ils m'ont apporté tout au long de ce travail. Leur environnement de travail a été propice à la réalisation de ce projet.

Je remercie sincèrement M. Patrice Lüthi, enseignant en informatique au CPNE-TI, pour sa contribution essentielle dans la mise en place de la communication entre l'INA219 et les Raspberry Pi. Son expertise technique a joué un rôle clé dans la résolution des défis techniques.

Je tiens aussi à remercier une personne qui se reconnaîtra, pour le fait que malgré le fait que je ne lui ai pas demandé de l'aide, il m'as donnée ma chance le jour où j'ai eu besoin de lui. Il m'as permis de me réaliser et de prouver que je suis capable de faire ce que je veux. Je lui en serais éternellement reconnaissant.

Enfin, Un remerciement tout particulier à ma mère et à ma copine pour leur soutien infaillible durant ma formation, qui m'a conduit à accomplir ce travail. Leur encouragement constant et leur confiance en moi ont été des sources d'inspiration essentielles.

Ces individus exceptionnels ont joué un rôle capital dans la réalisation de ce projet. Leur soutien, leur expertise et leur encouragement ont été essentiels, et je leur suis profondément reconnaissant.

27. Sources

27.1. Node-RED et Extensions

1. Guide d'Installation Node-Red, Version: 18.17.1, Licence: Apache-2.0

Guide officiel pour installer Node-Red sur Raspberry Pi.

2. Guide de Sécurisation de Node-Red

Guide officiel pour sécuriser votre installation Node-Red.

3. Dashboard Node-Red, Version: 3.6.0, Licence: Apache-2.0

Extension pour créer des tableaux de bord dans Node-Red.

4. MQTT +, Version: 0.0.7, Licence: Apache-2.0

Extension MQTT pour Node-Red.

5. File system Node-Red, Version: 1.4.1, Licence: Apache-2.0

Extension pour gérer les fichiers du serveur dans Node-Red.

6. INA219 Node-Red, Version: 0.7.6, Licence: ISC

Extension pour utiliser le capteur de courant INA219 dans Node-Red.

7. Base64, Version: 0.3.0, Licence: Apache-2.0

Extension pour le codage et le décodage Base64 dans Node-Red.

8. Chart Image Node-Red, Version: 1.2.0,Licence: BSD-2-Clause

Extension pour créer des graphiques dans Node-Red.

27.2. Bibliothèques et Outils Externes

9. Chart.js, Version: 4.4.0, Licence: MIT

Bibliothèque JavaScript pour créer des graphiques interactifs.

10. PDF Make2 Node-Red, Version: 2.0.0, Licence: MIT

Extension pour générer des fichiers PDF dans Node-Red.

11. PDF Make, Version 0.2.x, Licence: MIT

Bibliothèque JavaScript pour générer des fichiers PDF.

12. Mosquitto, Verion 2.0.17, Licence : EPL/EDL

Serveur MQTT open source.

13. R. A. Light, "Mosquitto: server and client implementation of the MQTT protocol," *The Journal of Open Source Software*, vol. 2, no. 13, May 2017, DOI: 10.21105/joss.00260.

Article du journal de l'open sources software sur Mosquitto.

27.3. Tutoriels et Documentation Technique

14. Tutoriel de Base Rototron

■ Tutoriel de base pour utiliser l'INA219 avec Raspberry Pi.

15. Documentation Technique de l'INA219

■ Documentation technique officielle du capteur INA219 de Texas Instruments.

16. Bibliothèque Python pour l'INA219 pi-in-a219, Version 1.4.1, Licence : MIT

■ Bibliothèque Python pour utiliser l'INA219 avec Raspberry Pi.

17. Forum Problème de Détection I2C

■ Forum de la communauté Raspberry Pi pour résoudre les problèmes de détection I2C.

18. Tutoriel Mise en Place INA219

■ Tutoriel sur la mise en place de l'INA219 pour la surveillance de l'énergie solaire.

19. Tutoriel Crédit d'un Enregistreur de Consommation

■ Tutoriel pour créer un enregistreur de consommation d'énergie DIY.

20. Tutoriel Complet avec Arduino

■ Tutoriel complet sur l'utilisation de l'INA219 avec Arduino.

21. Documentation matérielle du Raspberry Pi 4

■ Documentation matérielle officielle du Raspberry Pi 4.

27.4. Gatling

22. Téléchargement Gatling, Version 3.9.5, Licence : Apache-2.0

■ Lien de téléchargement de l'outil Gatling pour la performance des applications.

23. Tutoriel Avancé Gatling

■ Tutoriel avancé pour utiliser Gatling dans des scénarios plus complexes.

24. Tutoriel de Démarrage Rapide Gatling

■ Tutoriel rapide pour commencer à utiliser Gatling.

28. Autres Outils et Ressources

25. Tutoriel sur l'utilisation de S1seven

■ Tutoriel pour utiliser les outils de conversion de certificat JSON en PDF (n'est pas utilisée).

26. FlowFuse, Version: 1.11.2, Licence : Apache-2.0

■ Plateforme de DevOps pour le développement et la mise en place d'application avec Node-Red

28.1. Articles de Recherche

27. **Yewan Wang, David Nörterhäuser, Stéphane Masson, Jean-Marc Menaud.** Etude de l'influence de la température du processeur sur la consommation des serveurs. ComPAS 2018 - Conférence d'informatique en Parallélisme, Architecture et Système, Jul 2018, Toulouse, France. pp.1-8.

Article de recherche sur l'influence de la température du processeur sur la consommation des serveurs.

28. **Profil de Consommation d'une carte de développement par M. Lamber**

Recherche sur le profil de consommation avec INA219 et Teensy 4.0.

29. **Profil de Consommation par M. Pol J. Planas Pulido**

Recherche sur le profil de consommation avec INA219.

28.2. Outils Supplémentaires

30. **MicroChip AVR**

Puce de développement Microchip AVR.

31. **Index des Licences Utilisées**

Index des licences open source.