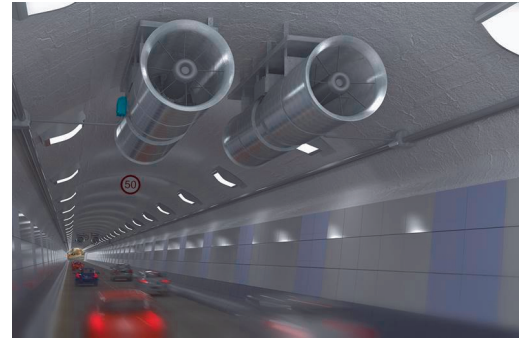


Produit : Tunnel autoroutier**1. Problématique et performances attendues**

Pour l'exploitant d'un tunnel autoroutier bien équipé, l'énergie électrique peut représenter un coût important car la quasi-totalité des équipements installés en tunnel consomme de l'énergie électrique.



Cette consommation d'énergie se répartit principalement entre l'éclairage (quelques dizaines de kW, dépendant de la lumière extérieure), la ventilation (jusqu'à plusieurs centaines de kW, surtout pour le désenfumage, avec une utilisation variable selon le trafic), et les autres équipements (signalisation, caméras, capteurs, etc.), qui ont une faible puissance unitaire mais fonctionnent en continu.

La maîtrise de la facture d'énergie est donc une préoccupation importante de chaque gestionnaire de tunnel routier. Des moyens techniques doivent être mis en place afin de maîtriser l'énergie tout en apportant confort et sécurité pour l'usager.

Cette étude vise à améliorer les performances énergétiques de la ventilation d'un tunnel autoroutier.

Dans le cas du tunnel étudié, le système de ventilation permet de diluer les polluants et fumées afin de sécuriser les usagers en leur permettant de circuler dans un environnement sain (air frais sanitaire).

Sur le système initial, la variation de débit se fait par des registres mécaniques en sortie des ventilateurs. La consommation énergétique est quasiment constante.

L'objectif de cette étude est de proposer un nouveau système de gestion de ventilation qui fait varier le débit d'air de $28 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ à $50 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ et réduire ainsi la consommation d'énergie.

Structure initiale du système de ventilation du tunnel :

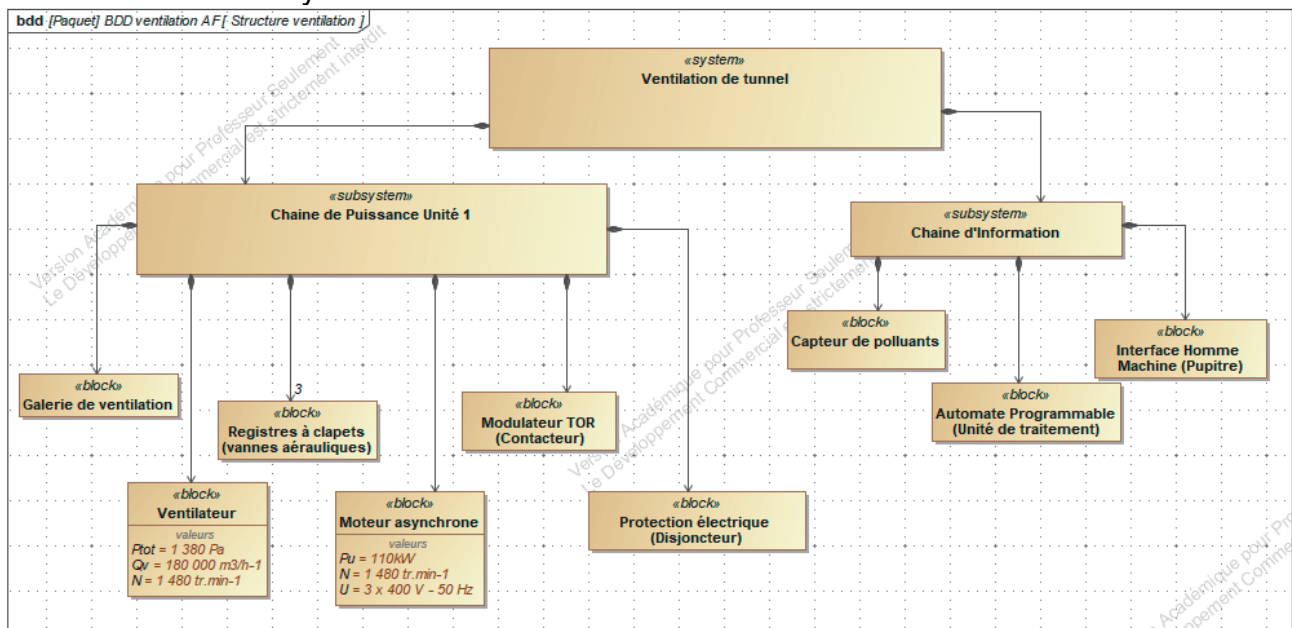


Figure 1 : diagramme de définition des blocs de la ventilation du tunnel (système initial)

Le pilotage de la chaîne d'énergie est géré par un Automate Programmable Industriel (API).
Le fonctionnement des registres répond alors à l'algorithme suivant :

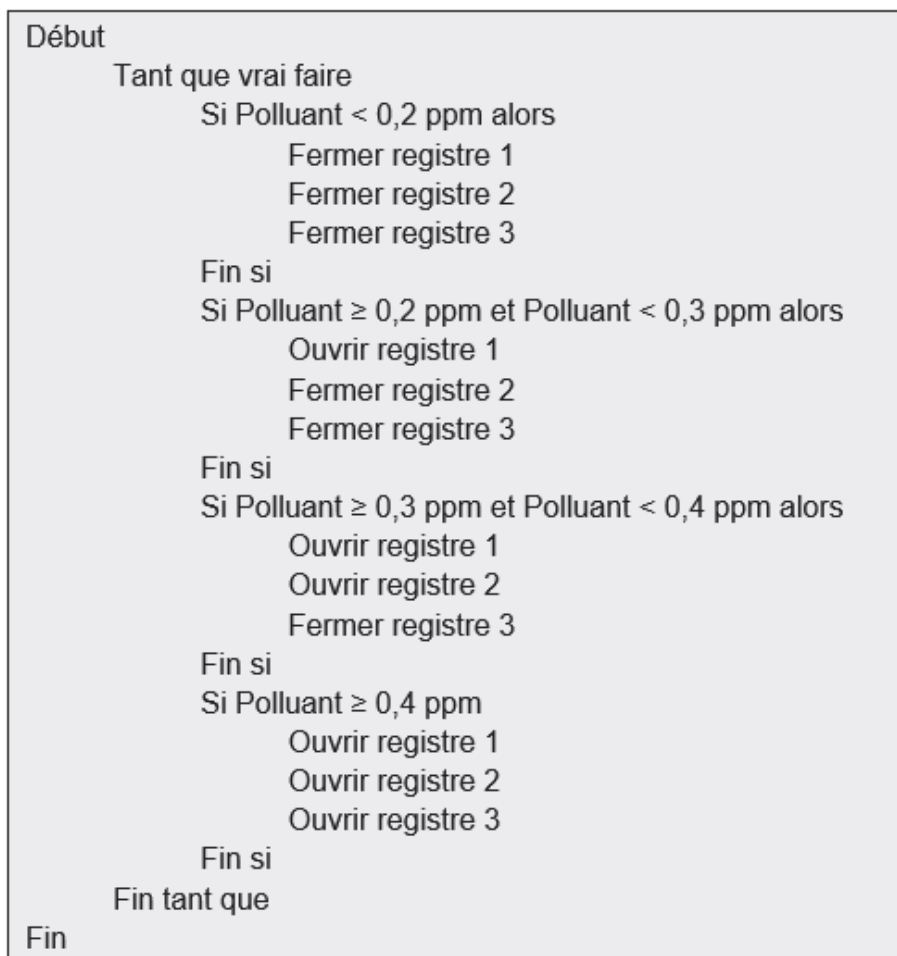


Figure 2 : algorithme de fonctionnement du système initial

Le projet d'amélioration impose un cahier des charges, sous la forme du diagramme des exigences de la figure 3, précisant les axes techniques à respecter afin d'adapter les débits de ventilation à l'intérieur du tunnel.

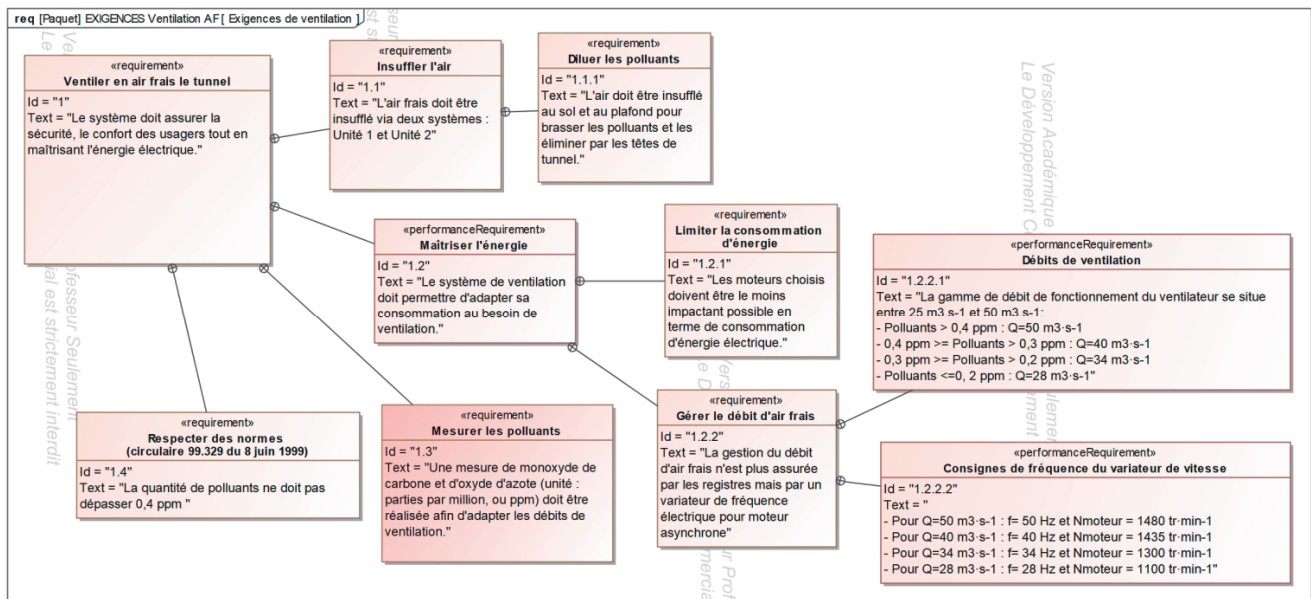


Figure 3 : diagramme des exigences de la modification proposée

2. Simulation

Les données tirées du cahier des charges et des simulations à suivre sont à exploiter à partir du fichier Excel `EE20_Consommation_energetique_tunnel.xlsx`.

- La première ligne du tableau Simulation est à compléter à partir des consignes relevées dans le diagramme des exigences .
- Les autres lignes du tableau (Puissance électrique absorbée mesurée, Fréquence de rotation du moteur, Durée sur une journée critique) sont à relever à l'issue de la simulation présentée ci-dessous.
- Le ligne « Energie est à compléter en programmant la formule donnée dans le tableau).

a) Présentation de la solution à simuler

Le circuit ci-dessous présente la chaine de puissance du moto-ventilateur piloté par un variateur de fréquence :

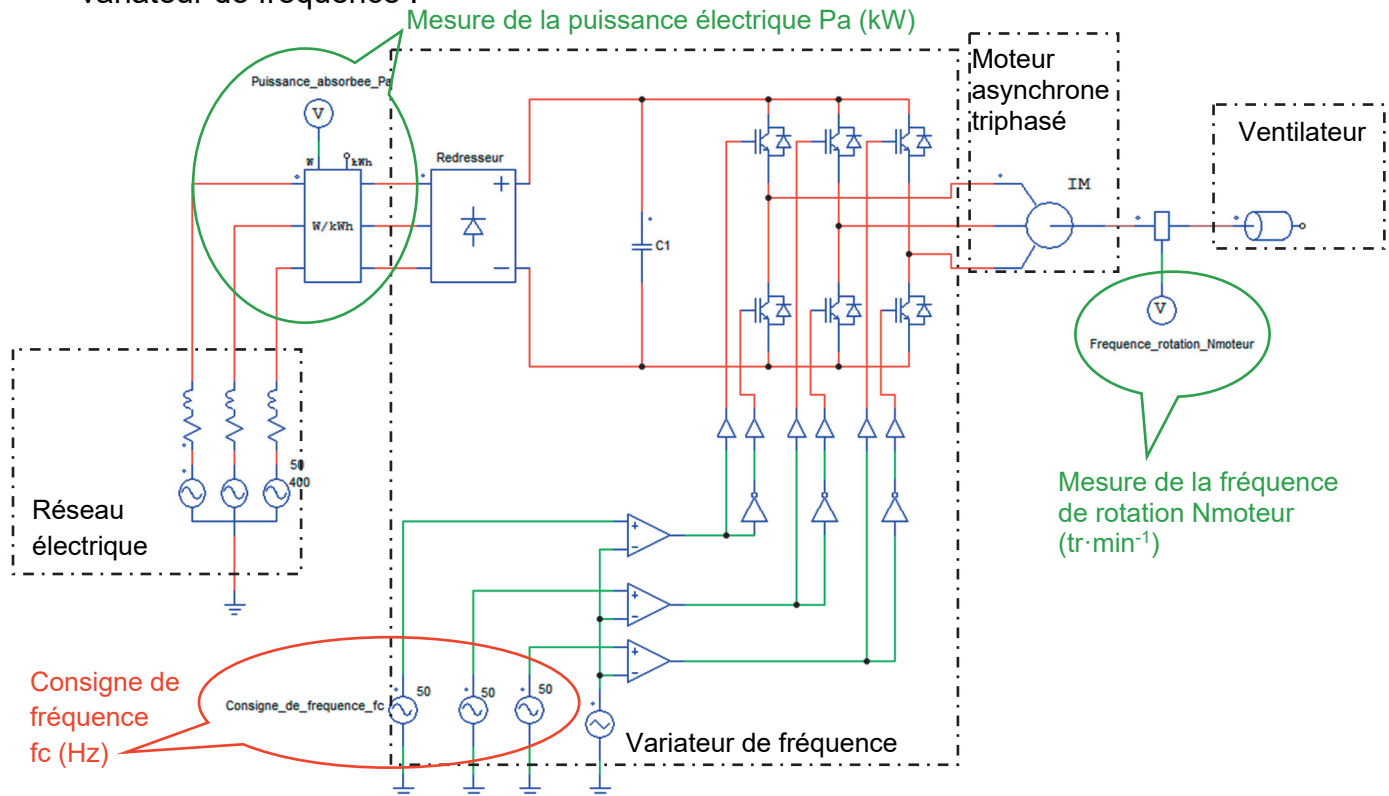
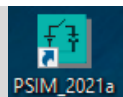


Figure 4 : simulation PSIM du moto-variateur et de son modulateur associé

b) Protocole de mise en œuvre du logiciel de simulation

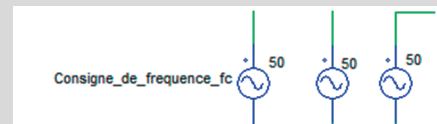
Ouvrir psim_2021a.



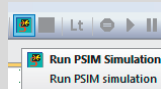
Ouvrir le fichier PSIM « EE20_MAS_variateur_tunnel.psimsch ».

Partie 1 – Préparation de la simulation

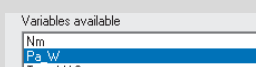
Modifier la consigne de fréquence f_c en double cliquant sur chacun des 3 générateurs du variateur de fréquence :



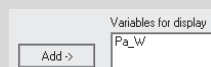
Lancer la simulation par l'icône Run PSIM



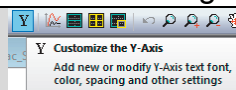
Sélectionner la grandeur à mesurer
valider 'ok'.



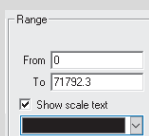
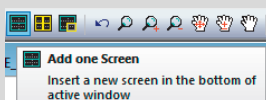
, ajouter 'Add'



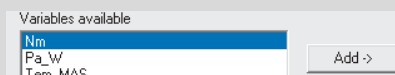
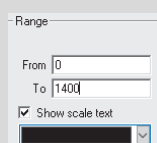
puis

Modifier l'échelle de mesure sur l'axe des ordonnéeset **régler** la plage de

mesure à partir de 0

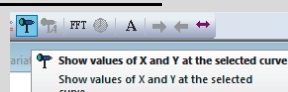
**Ajouter** une nouvelle mesure

ou le dans le menu Screen et Add Screen

Sélectionner la nouvelle grandeur mesurée**Adapter/régler** la plage de mesure

puis 'ok'.

Partie 2 – Exploitation des mesures

Cliquer sur l'icone haut

ou sur l'icone bas X.

Relever les valeurs moyennes des signaux mesurés

	Average
-02	1.41925e+03
01	7.57868e+04

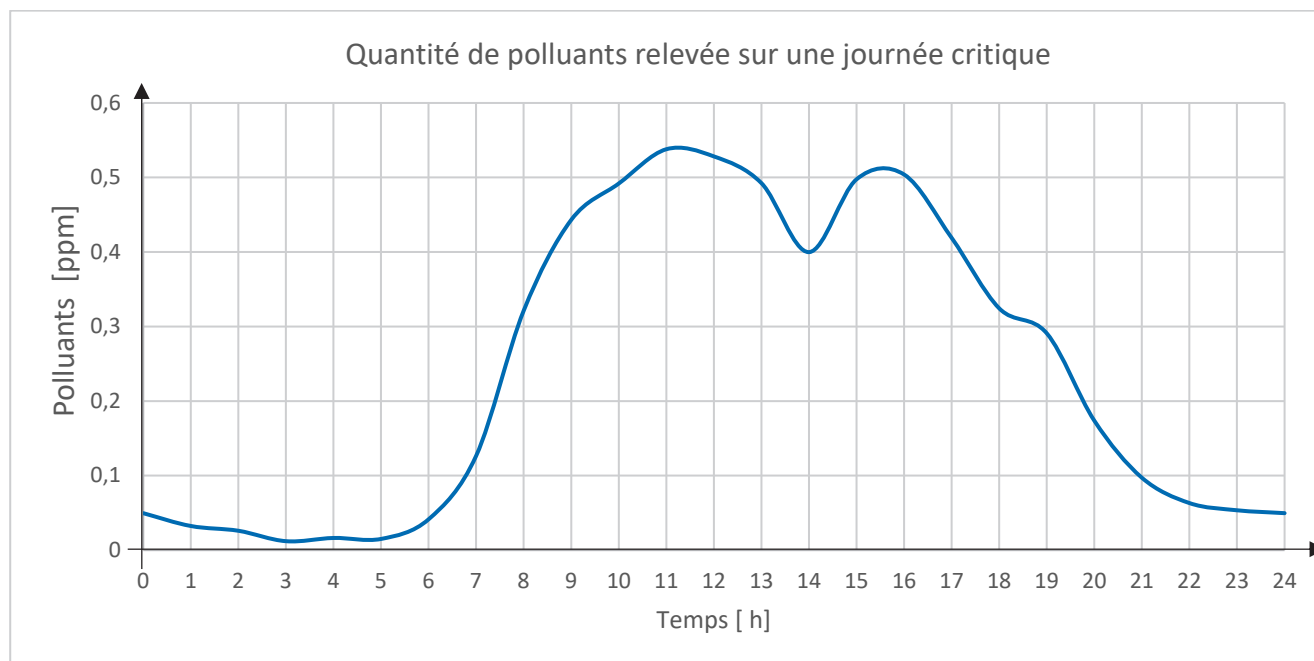


Figure 5 : evolution des polluants sur une journée critique

3. Conception

D'après les résultats précédents, le choix de modulateur s'oriente vers la gamme ATV600 de marque Schneider.

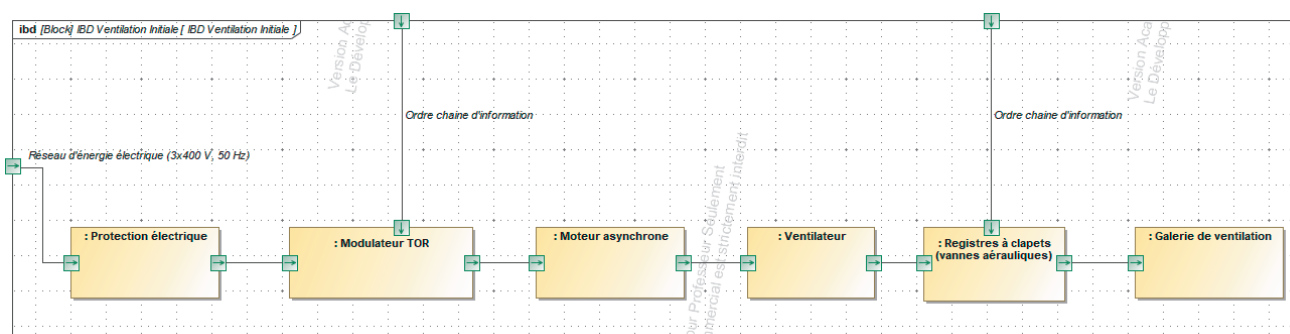


Figure 6 : Diagramme des blocs internes (IBD) de la chaîne de puissance de la ventilation air frais sur le système initial.

4. Expérimentation

Objectif :

Modifier le programme de l'unité de traitement (microcontrôleur) afin de vérifier par une mesure que la fréquence de rotation du moteur évolue en fonction du taux de polluants, conformément aux résultats de la simulation.

Matériel mis à disposition :

- Une armoire électrique équipée des composants représentatifs du fonctionnement du système réel après modification (variateur de fréquence, microcontrôleur, adaptateur...).
- Un banc moteur composé d'un moteur asynchrone triphasé.
- Un potentiomètre qui simule le capteur de polluant.
- Un appareil qui permet de mesurer la fréquence de rotation du moteur en $\text{tr} \cdot \text{min}^{-1}$.
- Un ordinateur sur lequel est installé le logiciel avec le programme à compléter.

Montage à réaliser :

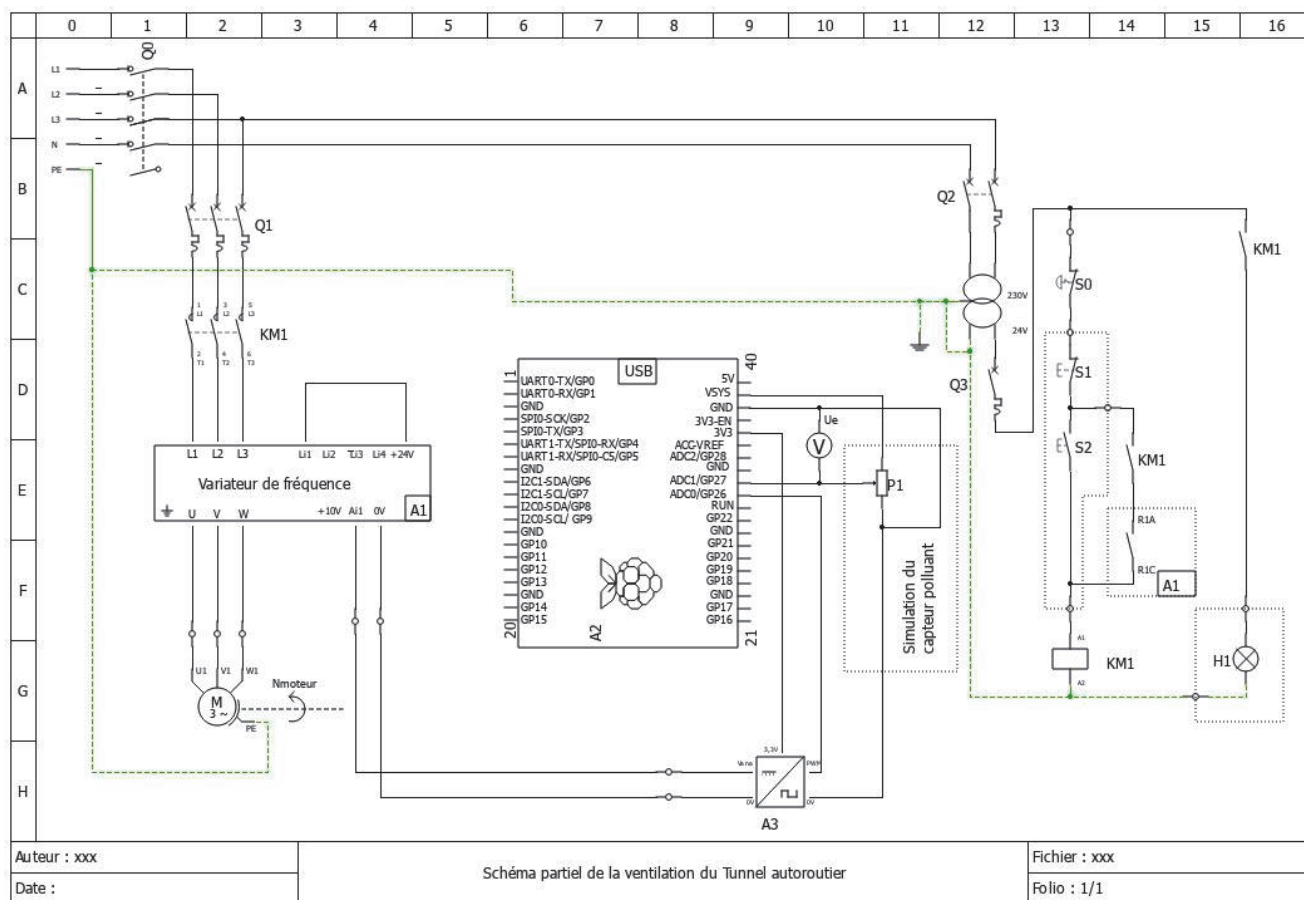
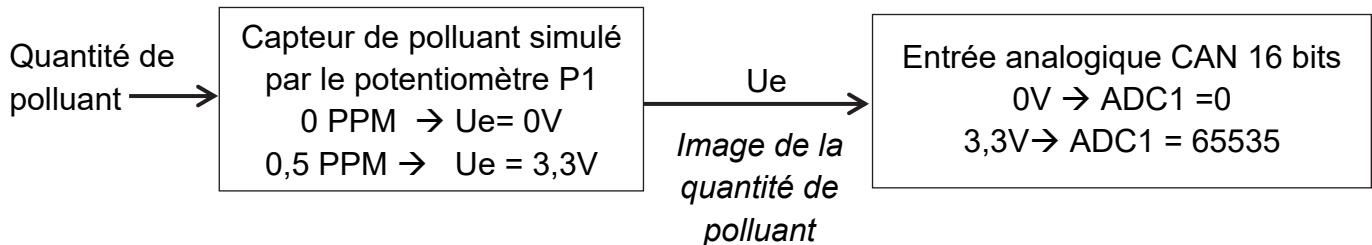


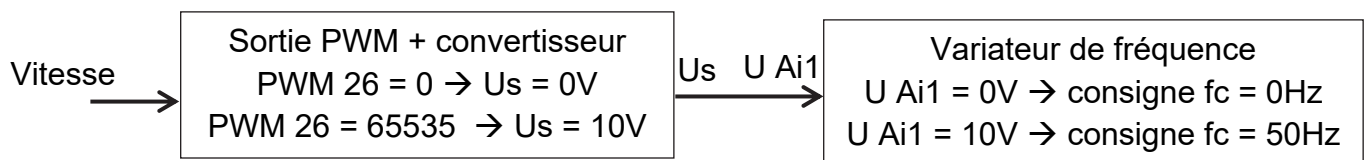
Figure 7 : schéma de mise en œuvre de l'expérimentation

Protocole d'expérimentation :

Principe de l'acquisition des polluants sur la carte Raspberry PiPico :



Ordre de modulation sur le variateur de fréquence



- 1 – **Apporter** les modifications au programme fourni `EE20_Prog_Tunnel.py` afin qu'il respecte l'algorithme réalisé dans la partie précédente.
- 2 – **Identifier**, puis **montrer** à l'examineur, les équipements donnés sur le schéma de la figure 7.
- 3 – **Câbler** sur la maquette les appareils permettant d'acquérir une image de la fréquence de rotation du moteur et de la quantité de polluant dans le tunnel.
- 4 – En présence de l'examineur, **procéder** à la mise en service de la maquette à l'aide du schéma « Figure 7 ».
- 5 – **Connecter** l'ordinateur à la carte Raspberry PiPico et **implanter** le programme dans celle-ci. **Exécuter** le script.
- 6 – **Faire fonctionner** le système et **réaliser** les mesures demandées.