



Maintenance prédictive des CTA (Centrales de Traitement d'Air) : un scénario TraAM en STI2D

publié le 15/06/2026

SIN

Descriptif :

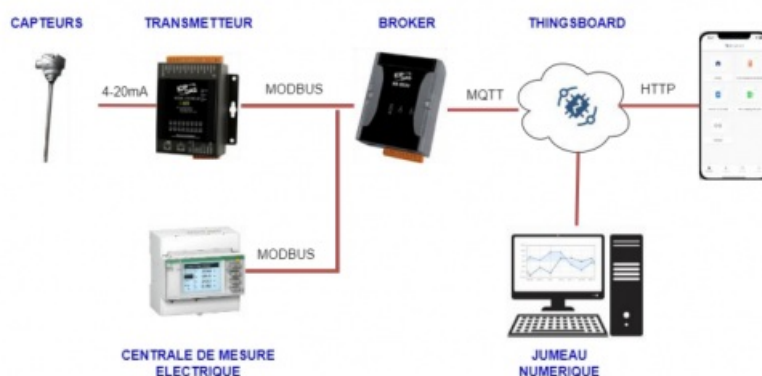
Ce scénario pédagogique, développé dans le cadre des TraAM, s'adresse aux élèves de STI2D (spécialité SIN). Il les place en situation professionnelle au sein du service Méthodes & Numérique d'une usine. Leur mission est de concevoir un outil d'aide à la décision pour la maintenance des Centrales de Traitement d'Air (CTA). Le projet se déroule en deux activités complémentaires :

1. Acquisition IoT (microbit)
2. Traitement prédictif

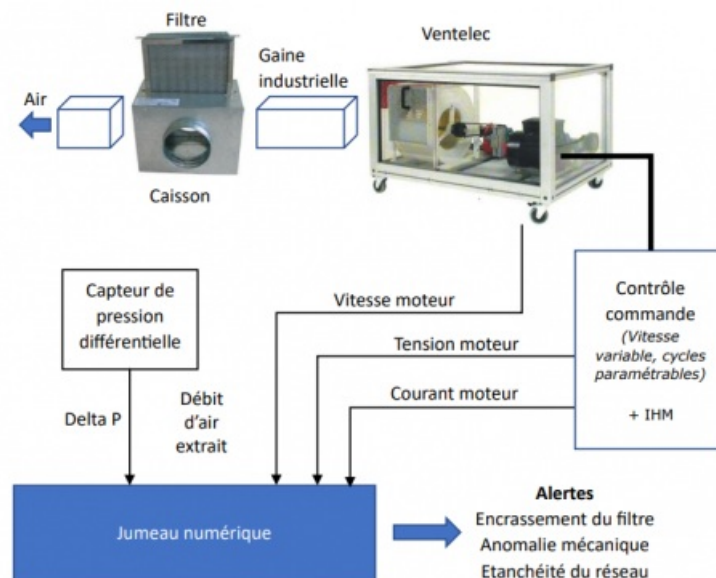
Sommaire :

- la séquence
- les documents
- Mise en situation
- Activité 1 : Acquisition et transmission des données (IoT)
- Activité 2 : Traitement des données et création du Tableau de Bord
- Liens avec le programme STI2D
- Connaissances Associées & Niveaux de Taxonomie Mobilisés
- Compétences du CRCN (Cadre de Référence des Compétences Numériques)

Ce scénario pédagogique, développé dans le cadre des TraAM, s'adresse aux élèves de STI2D (spécialité SIN).



Il les place en situation professionnelle au sein du service Méthodes & Numérique d'une usine. Leur mission est de concevoir un outil d'aide à la décision pour la maintenance des Centrales de Traitement d'Air (CTA).



Le projet se déroule en deux activités complémentaires :

1. Acquisition IoT : les élèves programment une carte Micro:bit avec un capteur de pression pour remonter les données d'encrassement des filtres via le protocole MQTT.
2. Traitement prédictif : ils développent un programme Python qui modélise la tendance d'encrassement, calcule une date de remplacement prévisionnelle et génère un tableau de bord (dashboard) clair pour les techniciens.

Ce projet mobilise des compétences clés en algorithmique (régression), en IoT et en traitement de données. Il permet une réflexion sur l'efficacité énergétique en reliant l'encrassement d'un filtre à la surconsommation électrique, tout en validant des compétences du CRCN (gestion de données, programmation, environnement numérique).



[La séquence](#)

[les documents](#)

[les liens avec le programme STI](#)

[les liens avec les compétences du CRCN \(Cadre de Référence des Compétences Numériques\)](#)

page suivante : "la séquence"

● la séquence

retrouvez la séquence composée de 7 parties :

[activite_pedagogique_sti2d](#) (Word de 2.4 Mo)

. page suivante : "les documents"

● les documents

[didacticiel_pour_adafruit_io_et_mistral](#) (Word de 18.3 ko)

[fichier_visualisation_ipynb](#) (Zip de 1.1 ko)

[fichier_visualisation_corrige_ipynb](#) (Zip de 1.4 ko)

-  [maintenance_predictive_ipynb](#) (Zip de 4.8 ko)
-  [mesure1](#) (Comma Separated Values de 2 ko)
-  [mesure2](#) (Comma Separated Values de 2.1 ko)
-  [mesure3](#) (Comma Separated Values de 2.1 ko)
-  [presentation_de_deux_activites_pedagogiques](#) (Word de 32.3 ko)

. page suivante : "mise en situation"

● Mise en situation

○ Votre rôle :

Vous faites partie du service Méthodes & Numérique d'une grande usine.

○ Le contexte :

L'usine est équipée de plusieurs Centrales de Traitement d'Air (CTA) cruciales pour maintenir la qualité de l'air dans les ateliers de production. Actuellement, les techniciens de maintenance interviennent soit en "curatif" (quand la CTA tombe en panne car le filtre est totalement bouché), soit en "préventif systématique" (ils changent le filtre tous les mois, même s'il est encore bon, ce qui coûte cher).

○ Le besoin client :

L'équipe de maintenance sur site a fait une demande claire. Ils veulent un outil numérique d'aide à la décision. Leurs attentes sont précises :

1. Un tableau de bord (Dashboard) clair et lisible : Ils ne veulent pas de lignes de code, mais une interface visuelle simple (voyants verts/oranges/rouges, jauges d'encrassement) consultable depuis leur tablette ou leur poste de contrôle.
2. De la prédiction fiable : Ils veulent que l'outil calcule la tendance d'encrassement du filtre et leur indique une estimation du temps restant (ex : "Remplacement recommandé dans 12 jours") afin de planifier leurs interventions sans urgence.

Votre mission : Concevoir la chaîne complète de ce système, de la captation physique de la donnée jusqu'à l'interface logicielle prédictive. Ce projet se divise en deux activités principales.

● Activité 1 : Acquisition et transmission des données (IoT)

(Cette activité sert de prérequis matériel et réseau, non développée en détail dans ce TRAM car développée l'année dernière)

Dans cette première phase, il s'agit de mettre en place l'architecture matérielle sur la CTA pour "remonter" l'information d'encrassement du filtre. Le filtre s'encrassant, l'air passe moins bien, ce qui crée une différence de pression entre l'avant et l'arrière du filtre.

- Descriptif de l'activité : Vous allez utiliser un microcontrôleur Micro:bit couplé à un capteur de pression différentielle. Le programme embarqué sur la carte Micro:bit devra lire la valeur analogique du capteur, la convertir en Pascals, puis se connecter au réseau de l'usine pour publier ces relevés à intervalles réguliers vers un serveur centralisé en utilisant le protocole de messagerie léger MQTT (sur un "Topic" spécifique, par exemple usine/cta1/pression). Vous veillerez aussi à disposer de fichiers d'enregistrement
- Compétences visées :
 - Mettre en œuvre et câbler un capteur analogique.
 - Programmer un microcontrôleur (Micro:bit) pour l'acquisition de données.
 - Configurer une communication réseau IoT et utiliser le protocole MQTT (Publish).

● Activité 2 : Traitement des données et création du Tableau de Bord

Dans cette seconde phase, vous concevez le cœur logiciel de l'outil qui sera utilisé quotidiennement par les techniciens. La donnée est maintenant disponible sur le réseau, il faut l'exploiter.

- Descriptif de l'activité : Vous allez développer un programme (en Python) qui va analyser les relevés de pression obtenus par fichier csv. Le programme devra intégrer un algorithme capable de comparer ces valeurs à un seuil critique d'encrassement, d'extrapoler la courbe pour prédire la date du colmatage total, et de générer un tableau de bord interactif (interface graphique) affichant les alertes et les prédictions pour faciliter la tournée des techniciens.

page suivante : liens avec le programme STI2D

● Liens avec le programme STI2D

L'activité valide plusieurs compétences des objectifs de formation du programme :

○ Objectif O5 & Spécialité SIN : Imaginer une solution - Répondre à un besoin

- Compétence SIN2 (Spécifique SIN) : Rechercher et écrire l'algorithme de fonctionnement puis programmer la réponse logicielle relative au traitement d'une problématique posée.
 - Application : Tout au long de la Partie 2, les élèves conçoivent et complètent la structure algorithmique de traitement en Python (seuils d'alarme, calcul de l'encrassement moyen glissant sur 10 jours, structure de contrôle conditionnelle pour l'affichage de l'état).

○ Objectif O6 : Préparer une simulation et exploiter les résultats pour prédire un fonctionnement

- Compétence CO6.2 : Identifier et régler des variables et des paramètres internes et externes utiles à une simulation mobilisant une modélisation multiphysique.
 - Application : Les élèves configurent et modifient les variables du script (nom de fichier CSV, variables réseau, seuils de pression à 200 Pa et 250 Pa) .
- Compétence CO6.3 : Évaluer un écart entre le comportement du réel et les résultats fournis par le modèle en fonction des paramètres proposés, conclure sur la validité du modèle.
 - Application : Partie 4 : Les élèves confrontent les prévisions du modèle linéaire simple (Script 1) avec les prévisions issues de l'IA (modélisation polynomiale/exponentielle prenant en compte les non-linéarités de fin de période) .

Objectif O7 : Expérimenter et réaliser des prototypes ou des maquettes

- Compétence SIN1 / CO7.6 (Spécifique SIN) : Expérimenter des moyens matériels d'acquisition, de traitement, de stockage et de restitution de l'information pour aider à la conception d'une chaîne d'information.
 - Application : Les élèves déploient une infrastructure complète IoT (Edge-to-Cloud) en créant des flux de données (feeds), en agençant des widgets visuels (Jauge, Texte) sur Adafruit IO pour restituer l'information de manière exploitable par l'opérateur .

Objectif O1 : Caractériser des produits privilégiant un usage raisonné du point de vue du développement durable

- Compétence CO1.3 : Justifier les solutions constructives d'un produit au regard des performances environnementales et estimer leur impact sur l'efficacité globale.
 - Application : En Partie 7, les élèves quantifient le lien direct entre la perte de charge (physique/matière), l'augmentation de la puissance électrique absorbée par le ventilateur (énergie) et l'apport du pilotage numérique intelligent par l'IA pour optimiser l'efficacité énergétique globale du bâtiment (information) .

● Connaissances Associées & Niveaux de Taxonomie Mobilisés

Chapitre du programme STI2D		
1.5.3 Utilisation raisonnée des ressources	• Efficacité énergétique d'un produit. • Apport de la chaîne d'information associée à la commande pour améliorer l'efficacité globale.	Niveau 3 (Maîtrise d'outils)

2.1 Représentation des flux MEI	• Caractériser les flux liés à la circulation ou au transfert de l'information et de l'énergie (pression différentielle, pertes de charge).	Niveau 2/3
2.4.3 Codage et traitement	• Algorithmique : Structures conditionnelles, itératives. Utilisation de variables.	Niveau 3 (Maîtrise d'outils)
2.4.4 Transmission de l'info	• Architecture Client/Serveur, protocoles de communication.	Niveau 2 (Expression)
3.1.1 Progiciels de simulation	• Modèle de régression (de type tableur / Python) et approche des modèles prédictifs.	Niveau 3 (Maîtrise d'outils)
3.1.4 Post-traitement et résultats	• Interprétation des résultats d'une simulation : courbe, tableau, graphe, unités associées.	Niveau 3 (Maîtrise d'outils)
5.3.3 Composants programmables	• Objets connectés (IoT) : Modules permettant de connecter un produit à internet et le rendre communiquant à distance.	Niveau 3 (Maîtrise d'outils)

● Compétences du CRCN (Cadre de Référence des Compétences Numériques)

Cette activité permet de valider des niveaux de maîtrise sur plusieurs domaines du CRCN :

○ 1. Domaine 1 : Informations et données

Compétence 1.2 : Gérer des données

- Application dans l'activité : Les élèves apprennent à charger, manipuler et basculer entre différents fichiers de mesures structurés au format CSV (Mesure1.csv, Mesure2.csv, Mesure3.csv) intégrés dans leur environnement numérique de programmation (Capytale) .
- Niveau de maîtrise ciblé : Niveau 2 à 3. Ils réutilisent des données stockées dans un espace partagé, savent organiser et distinguer des formats de fichiers spécifiques pour répondre à un besoin d'analyse .

Compétence 1.3 : Traiter des données

- Application dans l'activité : Partie 2. Les élèves analysent des données quantitatives de pression différentielle issues d'une campagne de mesures. Ils interprètent la représentation graphique d'une courbe de tendance par rapport à un seuil critique de 250 Pa , puis intègrent des traitements mathématiques (calcul d'un encrassement moyen, régression linéaire avec l'IA, calcul du nombre de jours restants).
- Niveau de maîtrise ciblé : Niveau 3 à 4. Les élèves appliquent des formules pour résoudre un problème technique , exploitent des fonctions statistiques (pente moyenne, coefficients) et traitent des flux de données pour analyser une problématique industrielle concrète.

○ Domaine 3 : Création de contenus

Compétence 3.4 : Programmer

- Application dans l'activité : Les élèves n'analysent pas seulement le code : ils complètent et modifient activement un script Python. Ils manipulent des structures de contrôle algorithmiques essentielles : des boucles (for i in range...) et des structures conditionnelles (if / elif / else) pour automatiser les alertes de maintenance en fonction de seuils d'alarme et critiques. L'intégration de l'IA de Mistral s'inscrit également directement dans les mots-clés de cette compétence.
- Niveau de maîtrise ciblé : Niveau 3. Ils développent et modifient un programme pour répondre à un problème à partir d'instructions d'un langage de programmation, mettant au point un script commandant et simulant un système numérique de supervision .

○ 3. Domaine 4 : Protection et sécurité

Compétence 4.3 : Protéger la santé, le bien-être et l'environnement

- Application dans l'activité : La Partie 7 ("Bilan de l'activité") amène les élèves à réfléchir à l'efficacité énergétique du bâtiment. Ils doivent expliquer l'impact direct de l'encrassement d'un filtre sur la hausse de consommation électrique du ventilateur et formuler comment la maintenance prédictive optimisée par l'IA permet de limiter cette surconsommation au plus juste.
- Niveau de maîtrise ciblé : Niveau 2 à 3. Les apprenants sont sensibilisés au fait que l'utilisation et le réglage des technologies numériques et industrielles ont un impact environnemental direct, et ils cherchent à adopter ou concevoir des comportements/solutions pour économiser l'énergie et les ressources.

○ 4. Domaine 5 : Environnement numérique

Compétence 5.2 : Évoluer dans un environnement numérique

- Application dans l'activité : Parties 5 et 6 : Les élèves installent et configurent tout un écosystème interconnecté (Edge to Cloud). Ils créent et paramètrent un espace sur Adafruit IO , configurent des flux de données ("feeds" pression et maintenance) , agencent des Widgets graphiques jauge/texte pour concevoir une Interface Homme-Machine (IHM) , et modifient les variables de configuration réseau de leur script (clés API, identifiants utilisateur) pour assurer l'interopérabilité .
- Niveau de maîtrise ciblé : Niveau 4. Les élèves sélectionnent, configurent et associent différentes technologies et outils numériques (Capytale, API Mistral, Cloud Adafruit IO) afin de concevoir, produire et déployer un nouvel objet de supervision fonctionnel .