

Monitoring environnemental au CPPM

Yann Coadou

CPPM Marseille

Réunion référents DD IN2P3
10 avril 2026





Dossier de candidature
Appel à projets CNRS Bas carbone
2023

Titre de votre projet : COOL – CPPM mOnitOring éLectrique

- Projet **COOL – CPPM mOnitOring éLectrique**
 - Soumis à l'AAP Bas Carbone du CNRS en mai 2023
 - Devis originel ~36 k€: Budget final : 22 k€ (moins de capteurs, agrégateurs différents)
 - Demande de financement CNRS : 10 k€ (max possible)
 - Un des 32 lauréats sur 93 dossiers. **Obtenu : 10 k€**; reste à charge : CPPM
- Justification de la demande de mesure de la consommation :
 - **identifier** les différents postes de consommation
 - **cibler les mesures correctives** à prendre pour réduire la consommation
 - identifier de possibles **schémas de consommation "inutile"** qui existent par habitude mais représentent une pure perte (profils journaliers/hebdomadaires/saisonniers)
- Mise en avant du **côté pédagogique** : visualisation de l'impact des futures mesures de réduction de consommation (pour inciter à persévérer et à aller plus loin)



Dossier de candidature Appel à projets CNRS Bas carbone 2023

Titre de votre projet : COOL – CPPM mOnitOring éLectrique

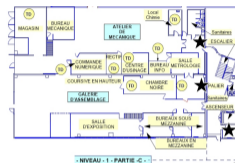
■ Projet COOL – CPPM mOnitOring éLectrique

- Soumis à l'AAP Bas Carbone du CNRS en mai 2023

■ Note importante

- *“Il ne s’agit pas [YC : pour le moment] de brider certaines activités de recherche, mais plutôt d’agir sur nos matériels et pratiques pour réduire notre consommation énergétique, dans le cadre plus large du plan d’éco-responsabilité du laboratoire.”*
- identifier de possibles schémas de consommation “inutile” qui existent par habitude mais représentent une pure perte (profils journaliers/hebdomadaires/saisonniers)
- Mise en avant du côté pédagogique : visualisation de l’impact des futures mesures de réduction de consommation (pour inciter à persévérer et à aller plus loin)

- Septembre 2023 : réunion avec prestataire pour définir la stratégie
 - suggère 14 compteurs (choix technique à peaufiner), emplacements définis
- Commande passée fin décembre 2023
- Mai 2024 : compteurs installés (14 points de mesure, 3 agrégateurs), écriture de scripts d'utilisation des données
- Janvier 2025 : première version intercomp fonctionnelle en ligne : enregistrement des compteurs COOL et de cartes environnementales (température, humidité, poussières)
 - envisagé : ajout de la production des panneaux photovoltaïques
- Juin 2025 : monitoring montré à la fête de l'été du labo



- Compteurs installés : Socomec Diris Digiware D-50
- Scripts d'utilisation : protocole SNMP puis rrdtool pour enregistrer et faire les graphes

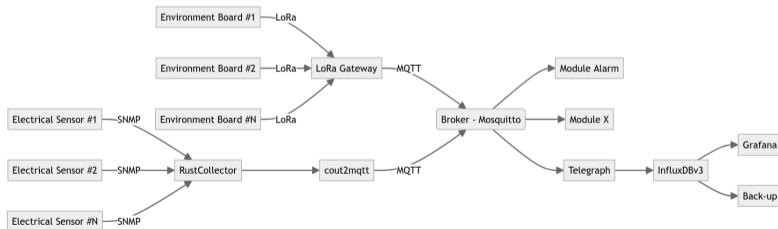


[Home Day Week Month Year](#)

APPARENT POWER TOT average for sensor -- week period:



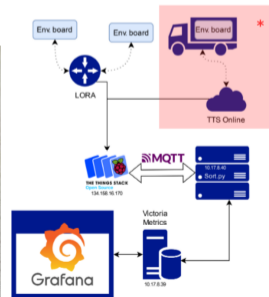
- Implication du groupe CPPM intercomputing
- Idée : intégrer les mesures électriques avec les données de la carte environnementale développée au CPPM
- Serveur intercomputing, programmation RUST, protocole MQTT, sauvegarde des données sur une base de type InfluxDB, visualisation Grafana (vocation à devenir public)

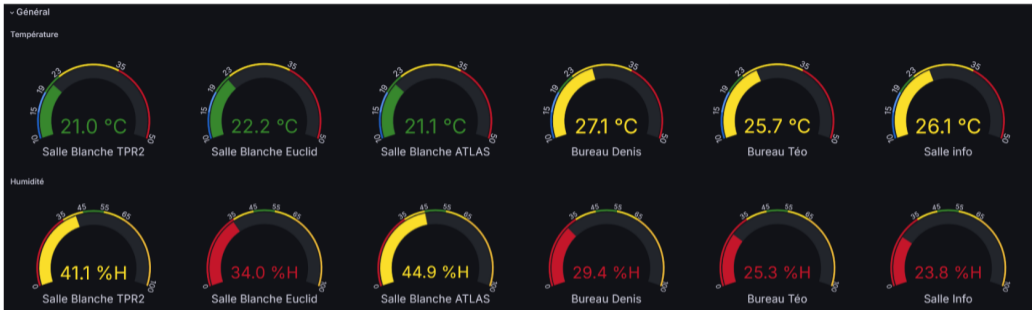


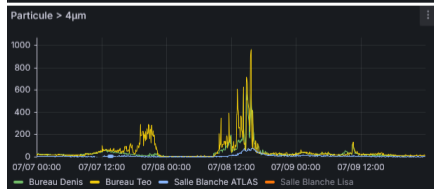
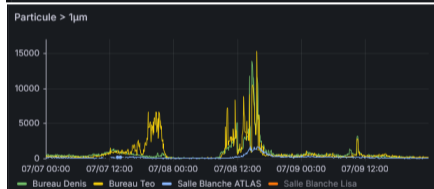
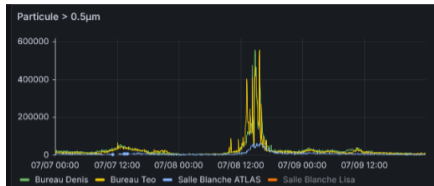
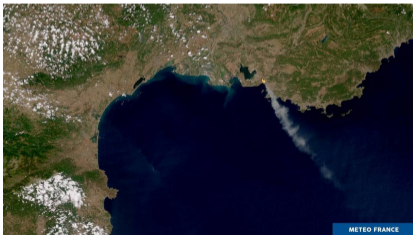
- But : objet connecté autonome pour mesurer, enregistrer et suivre en temps réel différents paramètres environnementaux
- Capteurs température, humidité, pression, poussières, son (détails en [▶ backup](#))
- Communication sans fil LoRa
- Optionnel : batterie, écran LCD, connecteur supplémentaire pour capteurs externes, carte SD (stockage local)
- Possibilité d'avoir des alarmes et actions automatiques



Vue 3D de la carte électronique







- En recevant le financement : *“Votre unité pourra être sollicitée dans les prochains mois pour témoigner sur votre projet et ses résultats soit sous forme d'article dans les supports de communication du CNRS, soit dans le cadre de webinaires. Il permettra ainsi un retour d'expérience inspirant pour les autres unités. A cette fin, un bilan qualitatif de votre projet vous sera demandé en juillet 2024.”*

- Le 6 février dernier : [▶ https://transition-cnrs.sciencesconf.org/](https://transition-cnrs.sciencesconf.org/)
- [▶ Présentation](#) du DU du CPPM (et table ronde)
- [▶ Poster](#) sur l'AAP bas carbone 2023 monitoring électrique
⇒ contacté par deux personnes de l'Observatoire de Paris

3^{ème} journée transition environnementale de la recherche
Transition environnementale : Comment passer de l'ambition à la mise en œuvre ?
 6 février 2026
 Auditorium Marie Curie, Campus Gérard Mégie et retransmission à distance

APPEL À INITIATIVES TRANSITION ENVIRONNEMENTALE
COOL - CPPM mOnitOring électrique
 Centre de Physique des Particules de Marseille

Notre initiative

- Concrétiser les concertations électriques
- Financer vos besoins caractéristiques pour les distribuer si possible
- Mobilisation de 14 postes de recherche en climatologie électrique en différents endroits du laboratoire
- Analyse des profils journaliers, hebdomadaires ou saisonniers de consommation

Exposés et objectifs

- **Évaluer chaque activité fortement consommatrice d'électricité** individuellement selon les différents usages (bancs, machines)
- **Partir d'un diagnostic d'un site** (à long terme) pour réduire la consommation électrique sans perturber le fonctionnement des activités de recherche, incluant :
 - Une nouvelle cartographie de la salle informatique
 - Un audit des salles climatisées pendant les non-utilisations prolongées (NUP)
 - Un nouveau dimensionnement d'alimentation
 - L'initiation de nouveaux acteurs sur le site

Organisation

- **Relevement complet des profils**, puis triadisation
- **Mobilisation de groupes CPPM** représentant pour superviser l'opération : l'architecte et la visualisation

Impact

- **Complexité réduite**, incluse à l'architecture active et fonctionnelle
- **Développement en faveur d'un logement** pour agréer et améliorer toutes les mesures, avec un impact qui permet de récupérer également les données de carbone environnementales (parallèles, tunnels, passerelles, bruits, etc.) développés en interne
- **Adaptage aux machines** (CERN)
- **Équipage des données en temps réel** pour optimiser la consommation électrique
- **Parti particulier géométrique** : visualisation des impacts auprès du personnel, intérêt pour les ingénieurs, utilisation de ces informations avec le grand public

Notre plus grand défi

- **Prévenir l'habitation** caractéristique du projet de travail
- **Mettre à disposition** de groupes inter-compartiment pour échanger l'expérience

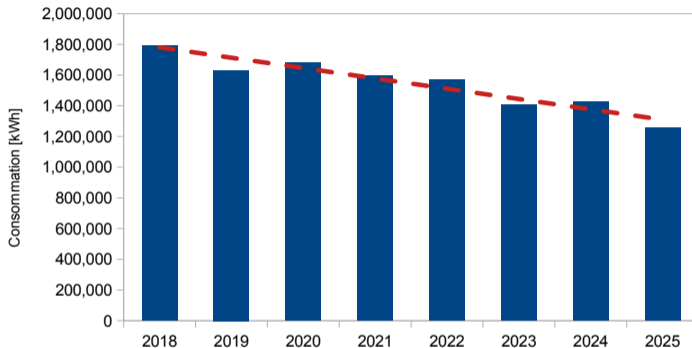
Nos conseils pour reproduire cette initiative

- **Ne pas attendre l'année** : utiliser une même table technique pour faciliter les interventions
- **Réfléchir au projet de mesure** intéressant
- **Connaître le réseau électrique** du laboratoire à l'avance

Contact : Yann Coadou - yann.coadou@cern.ch
 Directeur d'unité - Centre de Physique des Particules de Marseille (L2A00001)

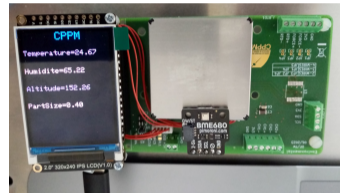
Collaboration : CNRS, CPPM

Consommation électrique annuelle



- Baisse tendancielle 2018–2025 : $-4,3\%/an$
- Production photovoltaïque 2025 : 11900 kWh (0,95% de la consommation EDF)

- **Regarder** (enfin !) de plus près les données de consommation électrique
- Utiliser la synchronisation avec les mesures des cartes environnementales
- Développer l'usage des cartes ⇒ **embauche d'un stagiaire**
- Plusieurs groupes IN2P3 intéressés par la carte environnementale pour salles blanches
- Discussions avec expérience DarkSide
- But : aussi **open source** que possible à terme (github avec firmware, software, CAO PCB/encapsulation, documentation)
- Au labo : **intégrer complètement à la démarche éco-responsable**, au-delà du monitoring électrique
 - consommation par projet
 - coupure automatique des appareils non utilisés
 - cibles de baisse de consommation
 - capitaliser sur la dimension éducative : TP stages de 3^e et 2^{nde}, fête de la science, TP instrumentation, etc

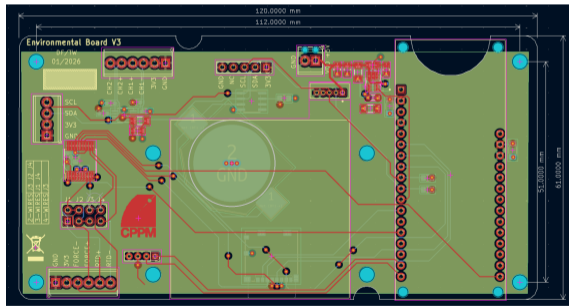




Backup

Elements and features

- 4 layers PCB of $\sim 60 \times 120$ mm
- ESP32 μ controller
- BME680 (temperature, pressure, humidity)
- SPS30 (dust)
- MAX31865 (PT100 measurement)
- ADC convertor
- I²C connector
- LoRa-E5 module (data transmission)
- LCD screen
- SC card
- Sleep mode for some elements
- Battery



Elements and features

- 4 layers PCB of $\sim 60 \times 120$ mm
- **ESP32 μ controller**
- BME680 (temperature, pressure, humidity)
- SPS30 (dust)
- MAX31865 (PT100 measurement)
- ADC convertor
- I²C connector
- LoRa-E5 module (data transmission)
- LCD screen
- SC card
- **Sleep mode for some elements**
- Battery



ESP32 – FireBeetle 2

- FireBeetle2 – réf.:DFRobot [DFR0654](#)
 - ✓ Microcontroller [ESP32-E](#)
 - ✓ Wifi/Bluetooth
 - ✓ I/O:
 - 10 Digital
 - 5 Analog.
 - SPI, I2C, I2S
 - ✓ GDI (Graphic Device Interface)
 - ✓ Powering:
 - 5 Vcc – USB-C
 - 3,7 Vcc accu LiPo
 - 40 mA (sleep mode = 500 μ A)

Elements and features

- 4 layers PCB of $\sim 60 \times 120$ mm
- ESP32 μ controller
- **BME680 (temperature, pressure, humidity)**
- SPS30 (dust)
- MAX31865 (PT100 measurement)
- ADC convertor
- I²C connector
- LoRa-E5 module (data transmission)
- LCD screen
- SC card
- **Sleep mode for some elements**
- Battery



- °C, Humidity, pressure, gaz BOSCH ref.: [BME680](#)
 - ✓ 3 V – 12 mA (measurement)
 - ✓ I²C
 - ✓ 3mm × 3mm × 1mm
 - ✓ Sleep mode : 0,15 μ A
 - ✓ Precision
 - °C: $\pm 1^\circ\text{C}$
 - H: $\pm 3 \%$
 - Pressure : $\pm 1\text{hPa}$
 - ✓ Needed calibration

Elements and features

- 4 layers PCB of $\sim 60 \times 120$ mm
- ESP32 μ controller
- BME680 (temperature, pressure, humidity)
- **SPS30 (dust)**
- MAX31865 (PT100 measurement)
- ADC convertor
- I²C connector
- LoRa-E5 module (data transmission)
- LCD screen
- SC card
- **Sleep mode for some elements**
- Battery

- Dust sensor: Sensirion - SPS30. [Datasheet](#).
 - ✓ 5 V – 80 mA
 - ✓ Sleep mode: 38 μ A
 - ✓ I²C
 - ✓ W×L×H = 41,2 × 41,2 × 12,3 mm
 - ✓ Calibration needed

Number concentration size range			
	PM0.5	0.3 to 0.5	μ m
	PM1.0	0.3 to 1.0	μ m
	PM2.5	0.3 to 2.5	μ m
	PM4	0.3 to 4.0	μ m
	PM10	0.3 to 10.0	μ m



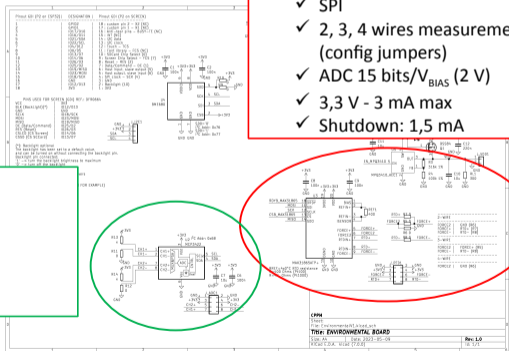
Its measurement principle is based on laser scattering

Elements and features

- 4 layers PCB of $\sim 60 \times 120$ mm
- ESP32 μ controller
- BME680 (temperature, pressure, humidity)
- SPS30 (dust)
- **MAX31865 (PT100 measurement)**
- **ADC convertor**
- I²C connector
- LoRa-E5 module
- LCD screen
- SC card
- **Sleep mode**
- Battery

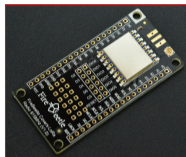
- ADC réf.: [MCP3422](#)
 - ✓ 2 analog differential inputs
 - ✓ 18 bits
 - ✓ I²C
 - ✓ 3,3 V – 145 μ A
 - ✓ Sleep mode: 0,3 μ A

- RTD \rightarrow Dig. Réf.: [MAX31865](#)
 - ✓ Pt100, Pt1000
 - ✓ SPI
 - ✓ 2, 3, 4 wires measurement (config jumpers)
 - ✓ ADC 15 bits/V_{BIAS} (2 V)
 - ✓ 3,3 V - 3 mA max
 - ✓ Shutdown: 1,5 mA



Elements and features

- 4 layers PCB of $\sim 60 \times 120$ mm
- ESP32 μ controller
- BME680 (temperature, pressure, humidity)
- SPS30 (dust)
- MAX31865 (PT100 measurement)
- ADC convertor
- I²C connector
- **LoRa-E5 module (data transmission)**
- LCD screen
- SC card
- **Sleep mode for some elements**
- Battery



LoRa Radio 915MHz – FireBeetle Covers
SKU:TEL0122
SPI MODE
NEED CS AND RST (D11, D12 OR D13 FOR EXAMPLE)

- Example: Module LoRa DFRobot ref.: [TEL0122](#)
 - ✓ 915 MHz
 - ✓ SPI (2 IO's available)
 - ✓ 1 km (open field)
 - ✓ 3 V-120 mA max.
 - ✓ Sleep mode: 1 μ A

Reliable wireless communication over long distances while consuming very little power



LoRa is the radio signal that carries the data, and LoRaWAN is the communication protocol that controls and defines how that data is communicated across the network.

Elements and features

- 4 layers PCB of $\sim 60 \times 120$ mm
- ESP32 μ controller
- BME680 (temperature, pressure, humidity)
- SPS30 (dust)
- MAX31865 (PT100 measurement)
- ADC convertor
- I²C connector
- LoRa-E5 module (data transmission)
- **LCD screen**
- **SD card**
- Sleep mode for some elements
- **Battery**



- Screen TFT 2" DFRobot réf.: [DFR0664](#)
 - ✓ SPI
 - ✓ μ SD reader integrated
 - ✓ Interface GDI
 - ✓ 320×420 pixels
 - ✓ 3,3 V – 29 mA
 - ✓ $35,7 \times 60$ mm



- Example: Battery MIKROELEKTRONIKA MIKROE-1120. Ref: [2786900](#)
 - ✓ 3,7 V
 - ✓ 2 Ah
 - ✓ $63 \times 44 \times 6$ mm

Elements and features

- 4 layers PCB of $\sim 60 \times 120$ mm
- ESP32 μ controller
- BME680 (temperature, pressure, humidity)
- SPS30 (dust)
- MAX31865 (PT100 measurement)
- ADC convertor
- I²C connector
- LoRa-E5 module (data transmission)
- LCD screen
- SD card
- Sleep mode for some elements
- Battery

- **Recently: Sound level meter** (ref: [SKU:SEN0232](#))



- Measuring Range: 30dBA \sim 130dBA
- Measurement Error: ± 1.5 dB
- Frequency Weighted: A Weighted
- Frequency Response: 31.5Hz \sim 8.5KHz
- Time Characteristics: 125ms
- Input Voltage: 3.3 \sim 5.0V
- Input Current: 22mA@3.3V, 14mA@5.0V
- Analog Output Voltage: 0.6 \sim 2.6V
- Module Size: 60mm * 43mm