



MYRIADE

Détermination des flux de GES par une « myriade » de chambres flottantes automatiques



Didier Jézéquel^{1,2}, Viet Tran-Khac², Philippe Quetin², Victorien Hosatte²
Lionel Fichen³, Antoine Guillot³, Paul Dasi³, Mickaël Beauverger⁴

- 1) IPGP & UPC, Paris didier.jezequel@inrae.fr
- 2) UMR CARTEL – INRAE & USMB; Thonon-les-Bains
- 3) DT INSU, Plouzané
- 4) Univ. Brest

Projet soutenu par la DIIRO

en 2021 et en 2022

Objectifs du projet

Objectifs scientifiques :

Mieux quantifier les flux d'émission de GES carbonés (CO_2 et CH_4) depuis les systèmes aquatiques, en améliorant la représentativité spatiale et temporelle des flux mesurés.

→ Choix d'une méthode automatisable et à coût réduit afin de multiplier les mesures *in situ*.

→ Déploiement de plusieurs chambres flottantes automatiques en parallèle sur un lac ou plan d'eau.

Objectifs techniques :

Développer un prototype de chambre flottante automatique (CFA) utilisant des **capteurs low-cost** :

CO_2 et CH_4
+ **paramètres environnementaux**
(T eau, T air, Pression atm., agitation, vent, lumière...)

Autonomie ≥ 1 mois → 6 mois
Retransmission des données à distance
Coût visé < 3 k€

NB : installation non-dérivante (lacs)
évolution possible en mode dérivant (rivières...) → GPS

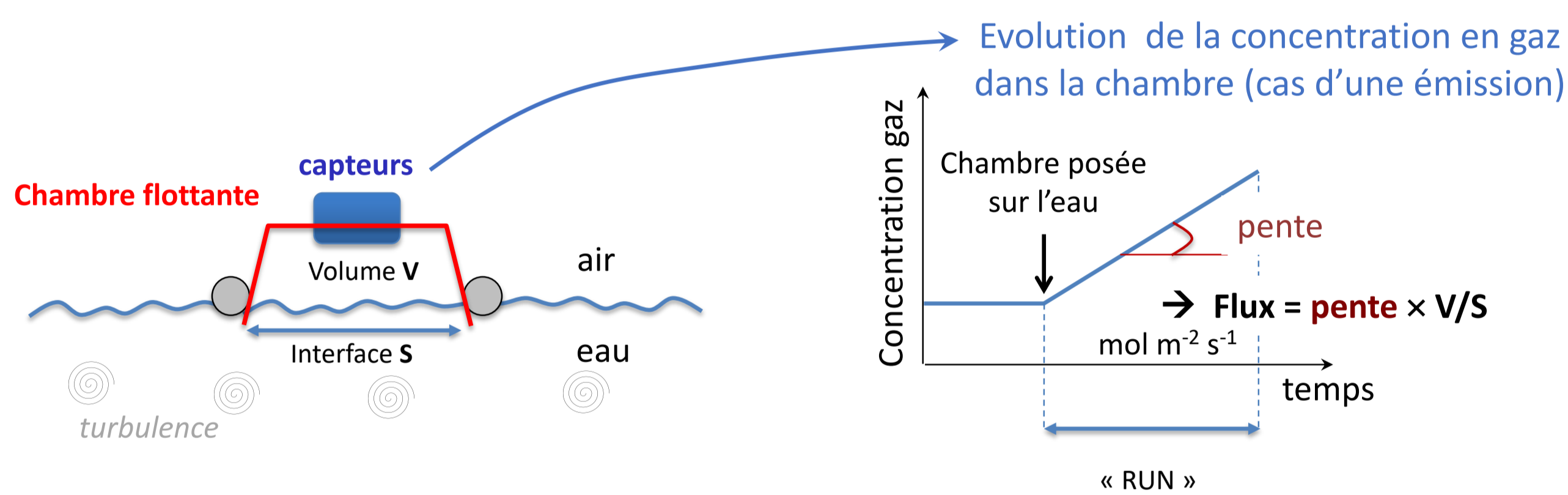
Verrous techniques :

- Développer un système de ventilation de la chambre fiable, à faible consommation d'énergie
- Intégration complète à coût réduit et à consommation minimale d'énergie, léger (transportable à dos d'homme)
- Fiabilisation de la réponse des capteurs à gaz sur le long terme (notamment dérive du signal, résistance vis-à-vis de l'humidité)
- Résistance à des conditions environnementales rudes à moindre coût (marinisation, gammes de températures étendues)

Niveau de TRL :

En 2021, la validation des composants sur une maquette en laboratoire nous a permis d'atteindre un niveau entre **TRL4** et **TRL5**. Les équipements commandés fin 2021 et reçus au premier trimestre 2022 vont rapidement aboutir à des essais dans un environnement représentatif, soit **TRL6**. L'objectif étant de valider le niveau **TRL7** d'une enceinte en environnement opérationnel à Thonon et Mayotte avant fin 2022.

Rappel du principe de la détermination des flux de gaz à l'interface eau-air par la méthode de la chambre flottante



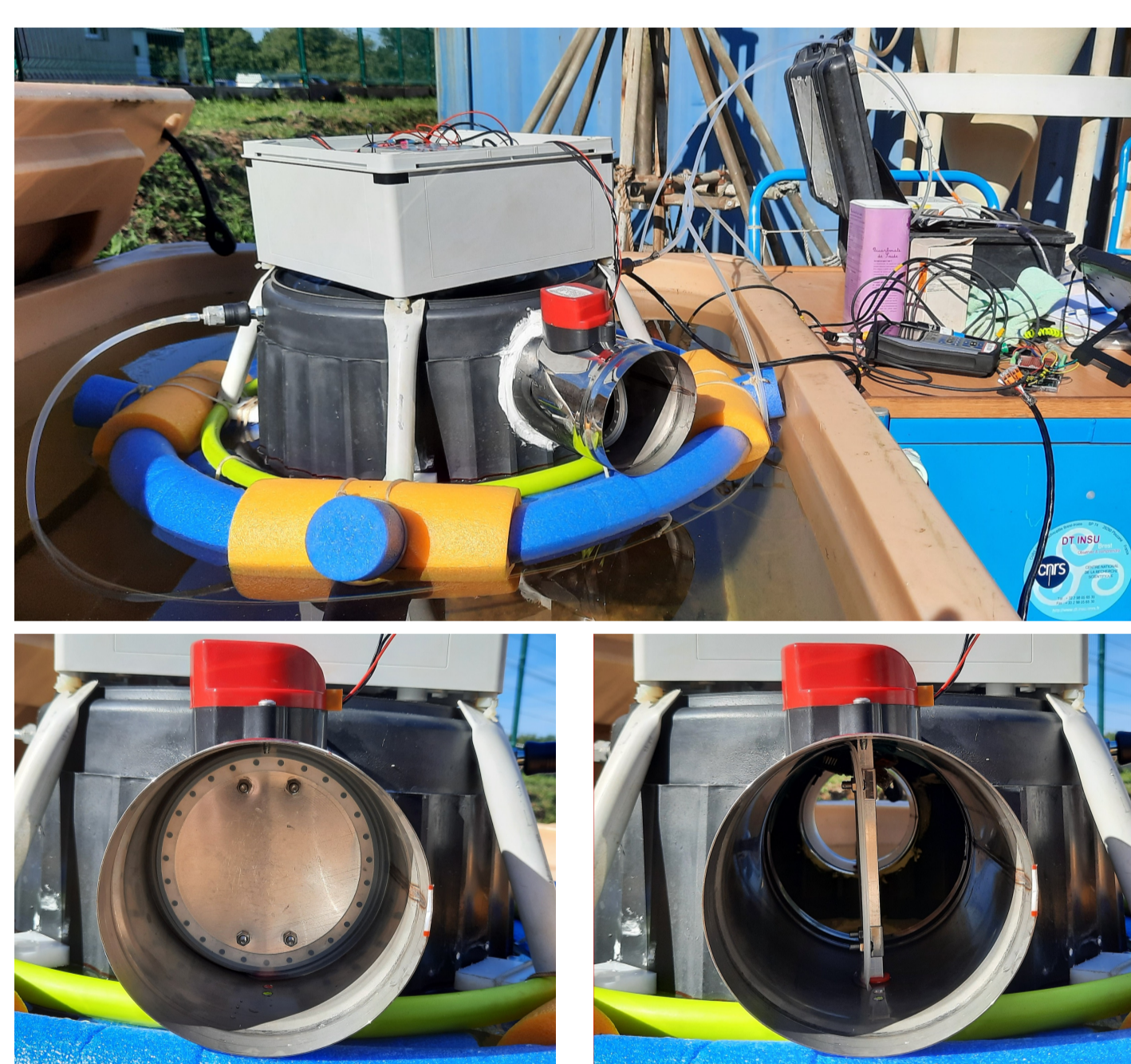
Cycle de mesure :

- 1) **phase de mesure** : 10 à 20 min. (chambre fermée)
- 2) **phase de ventilation** de l'enceinte (chambre ouverte) → renouvellement de l'air intérieur

NB : - Méthode directe de détermination des flux (pas d'hypothèse sur un paramètre) } +
- Coût faible (capteurs low-cost) } -
- Perturbation de la turbulence et de la température de l'air interne } -

Ventilation de l'enceinte :

Prototype de chambre flottante à ventilation passive par 2 ouvertures à clapet (prototype DT V1)



Registres fermés

Registres ouverts

Registres motorisés 12V Yinsheng (30 €)
diam. 125 mm
joint silicone
moteur électrique (2 x 35 mA)

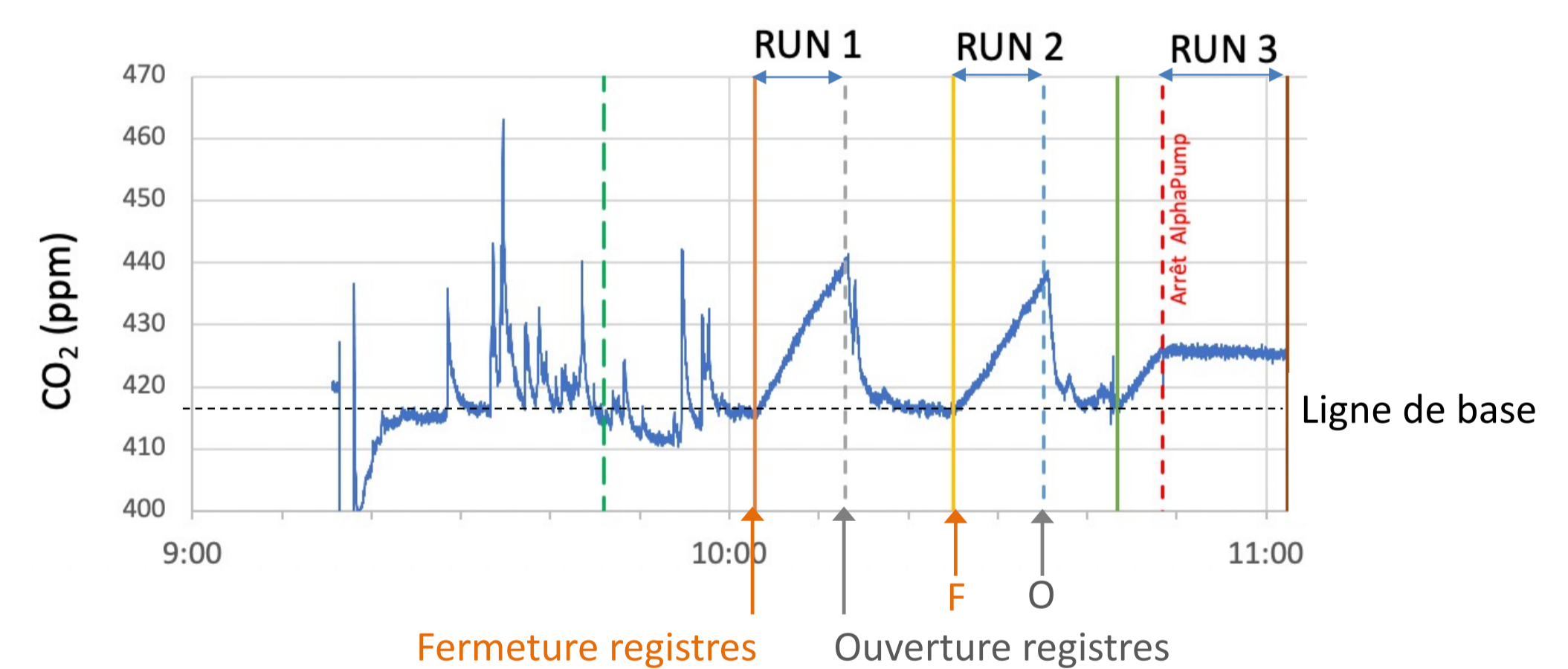
Enceinte PE noir 30 L (h 30 \varnothing 38-43 cm)
+ flotteurs

Capteurs CO_2 :
K30 Senseair (100 €) (intérieur)
+ contrôle par LI 820 (extérieur de l'enceinte, circulation par pompage)

Bac d'eau douce \approx 1100 L ; en extérieur
+ $NaHCO_3 + HCl \rightarrow pCO_2 > atm.$
→ flux CO_2 sortant
+ mesure T, pH et conductivité

NB : vent nul lors des essais

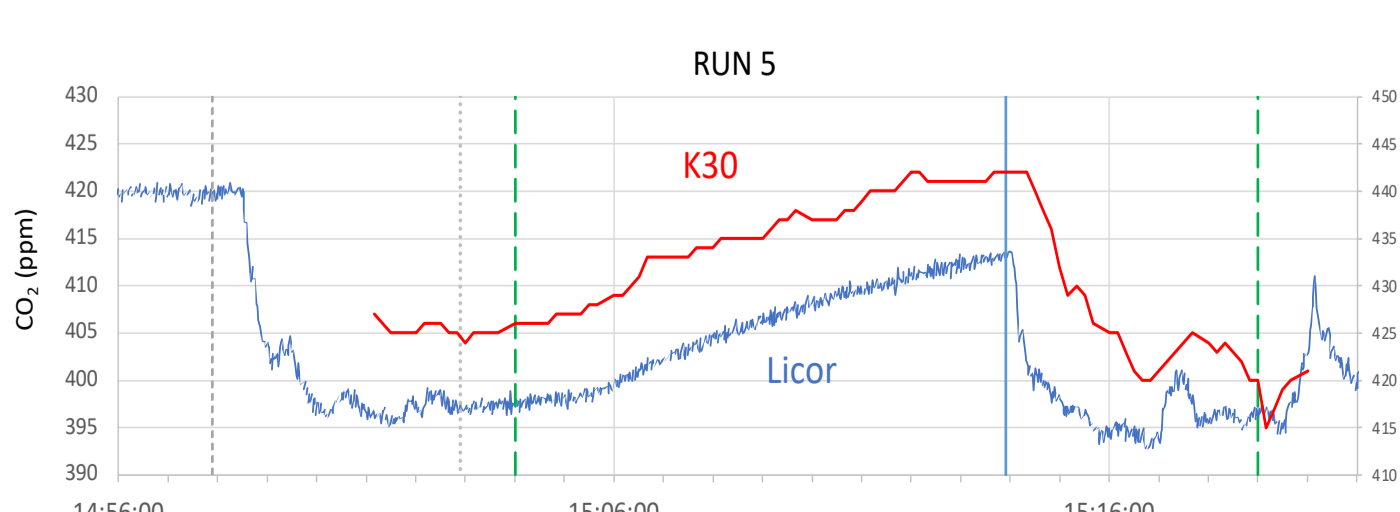
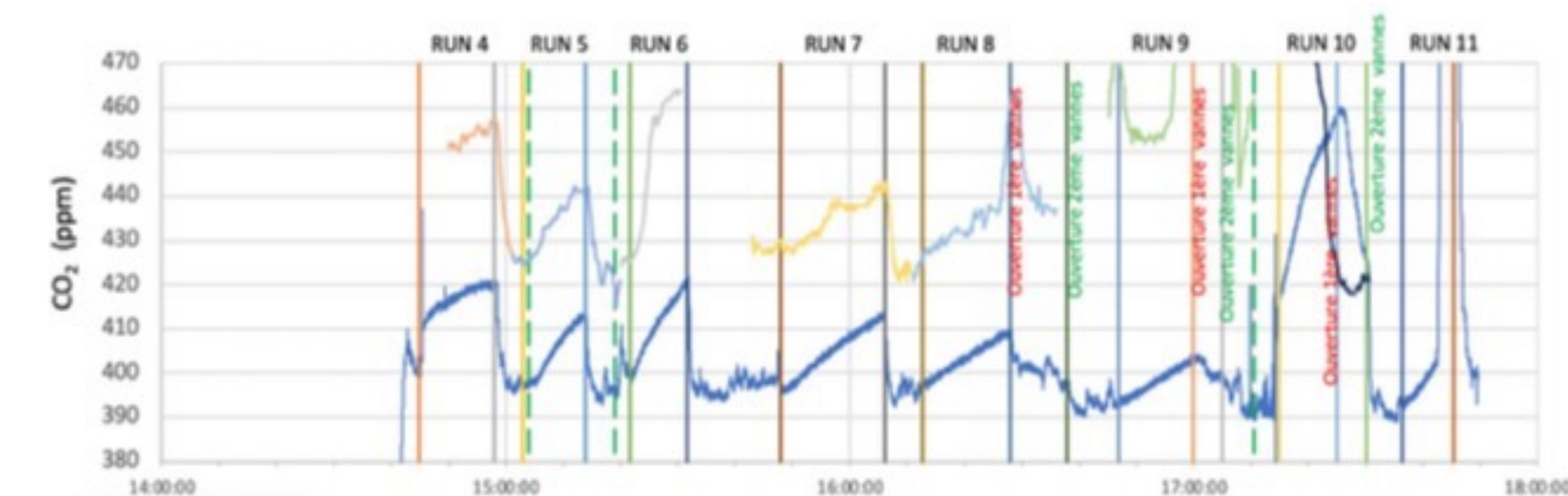
Ventilation de l'enceinte : tests Licor LI 820



Test de ventilation (RUN 1 & 2) → Bon retour à la ligne de base (<2') → Ventilation OK
Fermeture/Ouverture des registres Augmentation linéaire de la pCO₂

NB : ouverture d'un seul registre : ventilation insuffisante

Comparaison d'un capteur CO₂ low-cost (K30 Senseair) vs. LICOR LI 820



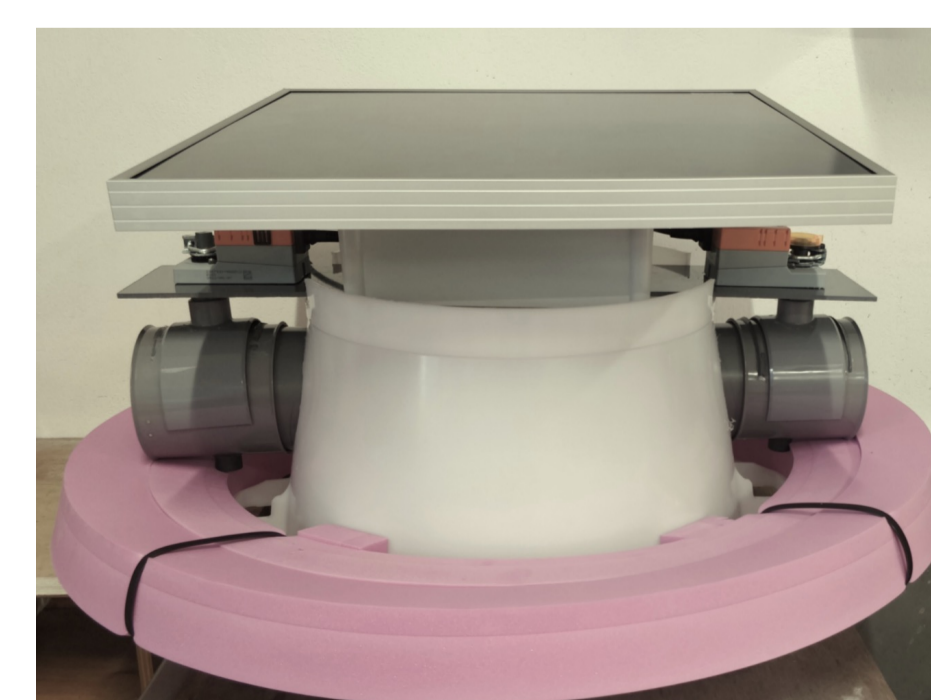
→ Evolutions synchrones et parallèles de pCO₂

Mais pas toujours...

2^{ème} capteur K30 en // à prévoir

NB : Légère fuite (Registres fermés) → A améliorer (nouveaux registres)

Prototype DT V2 : amélioration de l'étanchéité, intégration des capteurs



Nouvelle enceinte

Gilac PE blanc 55 L (h 33 \varnothing 40-50 cm)
Nouveaux registres + servomoteurs
Belimo PVC (+ rigide, collable...)
Panneau solaire 55 W (50 x 50 cm)

En cours de réalisation....

Capteurs CO₂ : 5 modèles

Senseair K30 et K33
Tellair T6615 et T6615-50K
Vaisala GMP252

Capteurs CH₄ : 2 modèles

Figaro NGM2611
Cubic CU-SJH-5

Météo

Stations Airmar 200/220WX
avec centrale d'altitude
+ T, humidité, lumière

Microcontrôleurs

Arduino UNO Rev 3
Arduino Shield
Raspberry Pi Zero Modules 6 DoF
Cartes ACME

+ Cartes SD

+ Antennes, Panneaux solaires...