



Rapport d'installation

*Installation d'un Mini-SAOZ (Système d'Analyse Par Observation Zénithal)
pour la mesure et le suivi de l'épaisseur de la couche d'ozone au-dessus
de Moroni , Capital de l'Union des Comores*

Dr ABDOULWAHAB Mohamed Tohir :

Chef du Réseau National d'Observation Météorologique

Ozone Research Manager : COMORES

Contenu

1. Description de l'instrument.....	2
2. Contexte du projet.....	3
3. Site d'observation	3
4. Procédure d'installation	4
5. Le cycle de mesure.....	5
6. Les différents niveaux de traitement des données	6
6.1. Absorption du spectre : niveau L0.....	6
6.2. La colonne oblique : niveau L1	6
6.3. La colonne totale : niveau 2.....	6
7. Conclusion.....	8
8. Remerciement	8

1. Description de l'instrument

Le Mini-SAOZ est un spectromètre qui opère dans l'Ultra-Violet et le visible pour mesurer la colonne totale de l'ozone (TOC) et du dioxyde d'azote (NO₂). Le spectromètre mesure la quantité des radiations solaires absorbée par certaines particules atmosphériques sur une paire de longueur d'onde comprise entre 300 et 550nm. Les particules atmosphériques sont mesurées sur la bande spectrale où leur absorption est la plus importante. Le Mini-SOAZ est la version améliorée du SAOZ que certaines composants obsolètes ont été remplacés. Le SAOZ utilise un spectromètre holographique à champ plat équipé d'un détecteur à barrette de diodes de 1024 pixels, tandis que le Mini-SAOZ utilise un spectromètre Czerny-Turner équipé d'un réseau à champ plat et d'un détecteur CDD bidimensionnel de 2048x16 pixels. L'autre changement remarquable est que le SAOZ fonctionne à l'extérieur du bâtiment par contre le Mini-SAOZ est conçu pour fonctionner à l'intérieur du bâtiment d'observation avec un câble fibre optique (de 10m de longueur) lié à une tête optique fixée à l'extérieur du bâtiment. La tête optique a pour but de capter les rayonnements solaires. La boîte Mini-SAOZ est couplée d'un ordinateur Portable HP/DELL équipé d'un système Microsoft OS dont l'objectif est l'acquisition signal spectral, le traitement et la conversion du signal en données numériques et le stockage des valeurs des concentrations des paramètres mesurés.

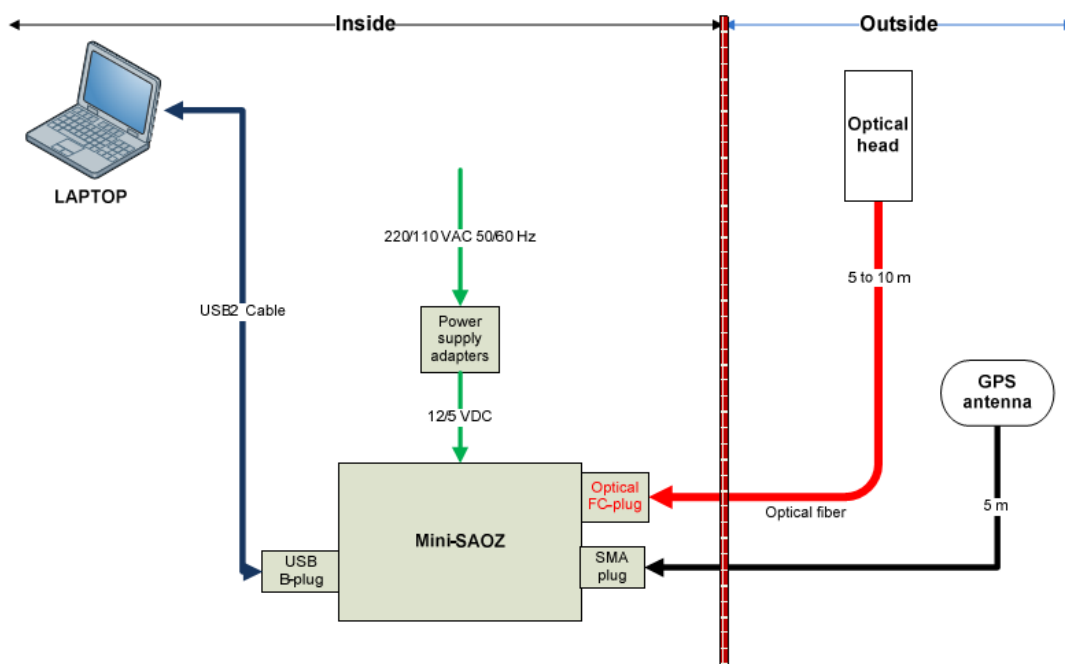


Figure 1 : Schéma de la configuration du système Mini-SAOZ

Le Mini-SAOZ mesure également la vapeur d'eau (principalement stratosphérique) et l'épaisseur des nuages stratosphériques polaires (PSC) ou des aérosols en cas d'éruption volcanique. L'instrument est composé de quatre parties:

- ✓ la boîte Mini-SOAZ où il y'a le spectromètre, l'obturateur et les capteurs électronique de température.
- ✓ Une tête optique connectée à la boîte Mini-SAOZ par un câble fibre optique
- ✓ Une antenne GPS connectée à la boîte Mini-SAOZ via un câble et un connecteur SMA

- ✓ Un ordinateur d'acquisition et d'analyse des données. L'ordinateur est relié à la boîte Mini-SAOZ via un câble USB (voir le Schema)

L'Union des Comores vient de mettre en place un système de mesure et suivi de la couche d'ozone en se servant d'un Mini-SAOZ.

2. Contexte du projet

Les Comores est un petit pays insulaire de l'hémisphère sud (12° 10'S, 44° 12'E) situé à l'entrée du canal de Mozambique entre la côte Est de l'Afrique et Madagascar dans le sud-ouest de l'océan indien. Localisé au cœur du tropique, le pays bénéficie d'un climat tropical généralement composé de deux grandes saisons :

- la saison d'été austral de novembre à avril est caractérisée par des fortes convections profondes, des précipitations et des températures au sol qui peuvent atteindre 35°C.
- la saison d'hiver austral entre mai et octobre est caractérisée généralement par un ciel bien dégagé et peu de faibles précipitations.

Ces caractéristiques du climat comorien font du pays un milieu très favorable à une production photochimique massive de l'ozone. Toutefois, l'ozone formé subit, en fonction des saisons, un « transfert » vers les moyennes latitudes sous l'action de la circulation de Brewer-Dobson. Notons que la couche d'ozone nous protège des rayonnements UV nocifs au développement du système climatique. L'évaluation du bilan de l'ozone et l'impact des actions mises en œuvre pour protéger la couche d'ozone à différentes échelles, particulièrement à l'échelle nationale et régionale, nécessitent la connaissance de la variabilité et la distribution de l'ozone dans différentes couches de l'atmosphère. A ce jour, compte tenu de la faible densité des observations dans les tropiques sud, l'état de la couche d'ozone et son évolution sont peu documentés dans nos latitudes. C'est la raison pour laquelle l'Etat Comorien a pris l'initiative de mettre en place un système permettant de mesurer et suivre l'évolution de la couche d'ozone dans cette région tropicale pour contribuer à l'effort international de protection de la couche d'ozone.

3. Site d'observation

Les mesures de l'ozone par Mini-SAOZ se font à la direction technique de la météorologie, sise à Moroni capitale de l'Union des Comores.

L'emplacement de l'instrument

La boîte Mini-SAOZ et l'ordinateur (d'acquisition et traitement des données) sont logés à l'intérieur du bâtiment d'observation et surveillance des phénomènes climatiques de la DTM (Direction Technique de la Météorologie). Les deux composants sont alimentés par un onduleur mis sous tension de 220V. L'antenne GPS et la tête optique sont installés sur le toit du bâtiment. La tête optique est connectée à la boîte Mini-SAOZ par un câble fibre optique et elle est protégée de l'extérieur par un déflecteur cylindrique en acier dont la peinture de l'intérieur est de couleur noir. Voici les coordonnées de l'emplacement : **Longitude : 43.246°E ; Latitude : 11.711°S ; Altitude : 26 m.**

4. Procédure d'installation

L'installation a débuté le 9 octobre avec la fabrication et la fixation du pied de support de la tête optique et la réalisation d'un canal (PVC) sur le mur du bâtiment. Ce canal sert à acheminer les câbles (optique et celui de l'antenne) de l'intérieur du bâtiment vers l'extérieur.

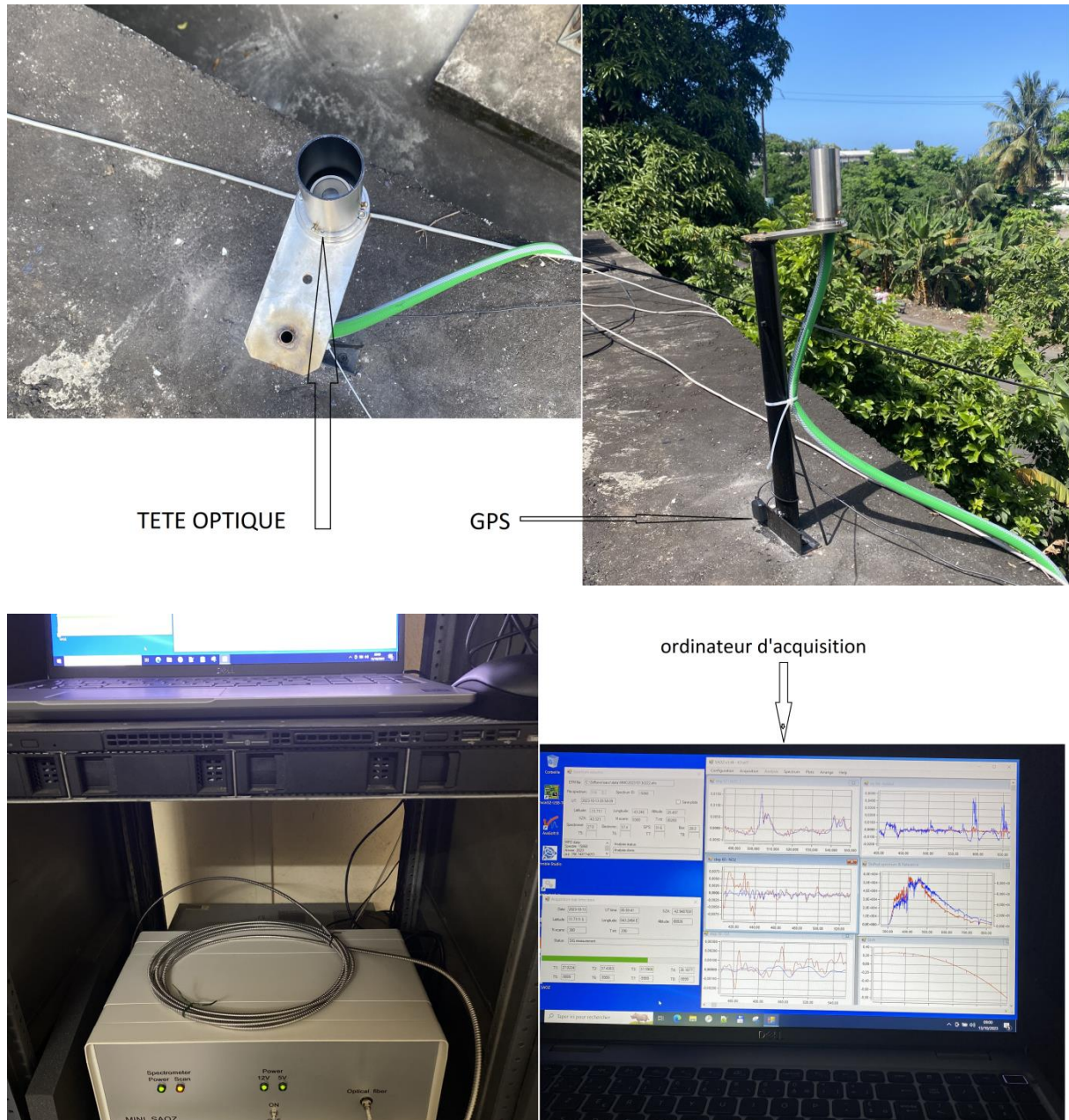


Figure 2 : photo en haut (gauche) : la tête optique protégée par un déflecteur cylindrique en acier où on peut voir la peinture de couleur noir à l'intérieur. photo en haut (droite) : le GPS fixé au pied du support de la tête optique. Photo en bas : la boîte mini-SAOZ (gauche) et les affichages à l'écran de l'ordinateur d'acquisition (droite)

La mise en place du système est effectuée dans la matinée du 10 octobre avec :

- La fixation de la tête optique au niveau du support placé sur le toit du bâtiment

- La connection de la tête optique à la boîte Mini-SAOZ par l'intermédiaire du câble fibre optique
- La connection du GPS (placé au pied de support de la tête optique) à la boîte Mini-SAOZ (logé dans une pièce à l'intérieur du bâtiment)
- La mise sous tension du système
- La connection de l'ordinateur à la boîte Mini-SAOZ par l'intermédiaire d'un câble USB

L'ordinateur s'est allumé une fois qu'il est connecté au Mini-SAOZ. Le système d'exploitation s'est démarré et l'application SAOZ s'est lancée automatiquement. J'ai arrêté l'acquisition des données et fermé l'application SAOZ puis j'ai lancé l'application Trimble Studio afin de permettre le GPS de recevoir le signal des satellites défilants. Cet exercice a permis au GPS d'identifier la position géographique de la station et de l'intégrer dans la configuration du système d'acquisition. Une fois le système d'acquisition configuré et que l'ordinateur est mise en heure locale les premières mesures de la couche d'ozone sont effectués. Il était précisément 10h30min heure de Moroni (UT+3)

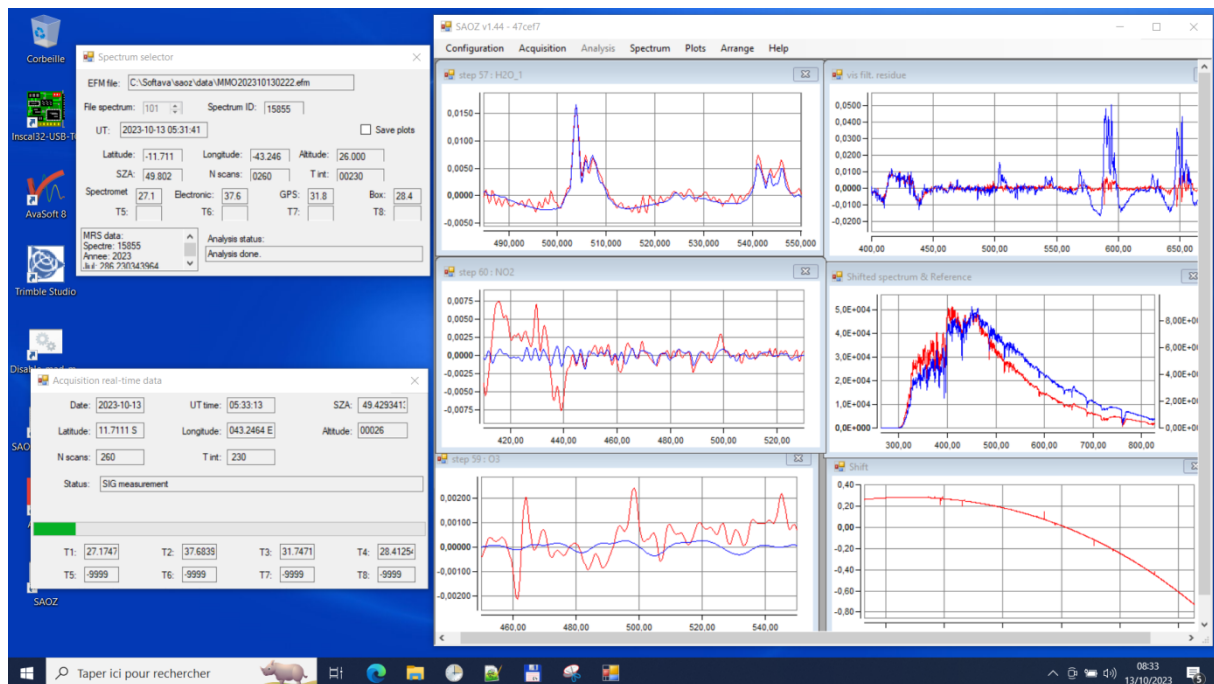
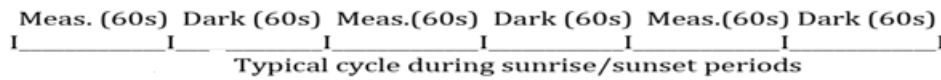


Figure 3 : affichage à l'écran de l'ordinateur d'acquisition une fois que l'application SAOZ est lancée et que le système est mise en marche.

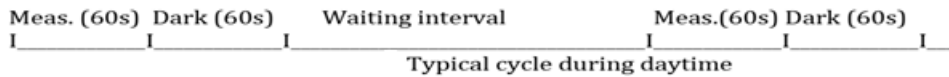
5. Le cycle de mesure

Les mesures sont effectuées pendant la journée et durant les crépuscules (lever et coucher du soleil).

Pendant le crépuscule : l'intervalle de temps de mesure est de 60s pour une durée d'observation de 60s avec un Angle Solaire au Zénith (SZA) $> 80^\circ$. En effet après une mesure de spectre qui va durer 60s, il y'a une phase dite noir de 60s où la mesure du spectre n'est pas effectuée.



Pendant la journée : (si SZA est $< 80^\circ$) un intervalle de 900s (15min) sépare deux observations. Toutefois cet intervalle peut être réduit pour 5min pour étudier la pollution atmosphérique (en cas d'une forte pollution) ou rallonger pour effectuer des mesures horaires afin de gagner d'espace dans le disque dure.



A noter que l'ensemble des procédures d'acquisition, analyse et stockage des données se fait suivant un cycle journalier.

6. Les différents niveaux de traitement des données

6.1. Absorption du spectre : niveau L0

Le programme SAOZ a créé un spectre journalier enregistré sur un fichier .efm. Le premier fichier enregistré est le MMO20231011107.efm qui indique le fichier du spectre enregistré par le Mini-SAOZ de Moroni (MMO) le 11 octobre 2023. Il s'agit d'un fichier binaire et il est stocké dans le dossier : C:\Softava\saoz\mini\0\2023.

6.2. La colonne oblique : niveau L1

Le programme SOAZ analyse le fichier du spectre journalier pour fournir la colonne oblique sur un fichier .mrs avec les même préfix que le fichier du spectre. Le L1 est stocké dans le dossier C:\Softava\saoz\mini\1\2023. C'est un fichier ASCII et peut être lu par le logiciel Excel.

6.3. La colonne totale : niveau 2

Les colonnes totales sont les moyennes des mesures enregistrées pendant le lever et la coucher du soleil suivant un Angle Solaire au Zénith compris entre $86-91^\circ$. Elles sont obtenues en multipliant les facteurs de masse d'air (AMF) aux colonnes obliques correspondantes. Le niveau 2 est généré à partir de l'algorithme de traitement des données placé dans le logiciel 'LGOR'.

Le niveau L2 est enregistré sur le dossier C:\Softava\saoz\mini\2\2023. On retrouve sur les indicateurs des données, les premières lignes du fichier. Parmi les fichiers il y'a :

- ✓ AMF_O3_2023.MMO: qui désigne la climatologie journalière de l'AMF à 90° SZA calculé avec un λ de 500 nm.
- ✓ AMF_NO2_2023.MMO: climatologie journalière de l'AMF à 90° SZA calculé avec un λ de 470 nm.
- ✓ AK_O3_2023.MMO : moyenne des noyaux constitués pour produire les profils d'ozone
- ✓ AK_NO2_2023.MMO : moyenne des noyaux constitués pour produire les profils de NO2

Le logiciel est chargé aussi de produire le fichier O3NO2_YYYY.MMO où on retrouve les colonnes totales de l'ozone et du d'oxyde d'azote mesurées pendant le lever et le coucher du soleil. Les erreurs de mesures sont aussi présentées

Il s'agit d'un fichier annuel et il se réactualise quotidiennement. C'est le principal fichier à récupérer pour constituer la base des données journalière de l'évolution de la couche d'ozone et du dioxyde d'azote au-dessus de Moroni.

7. Conclusion

Le 10 octobre 2023, le mini-SAOZ est installé à la Direction de la Météorologie de l'Union des Comores et il fonctionne correctement. La tête optique est placée sur le toit du bâtiment et elle est protégée par un déflecteur cylindrique en acier dont la peinture de l'intérieur est de couleur noir. L'antenne GPS est placée au pied du support de la tête optique. La boîte Mini-SAOZ et l'ordinateur d'acquisition et de traitement du signal sont logées à l'intérieur d'une pièce climatisée au sein du bureau d'observation et de suivi des phénomènes climatiques. Les coordonnées géographiques de la pièce sont les suivantes : *Longitude : 43.246°E ; Latitude : 11.711°S ; Altitude : 26 m.*

Les mesures s'effectuent quotidiennement pendant la journée et durant les crépuscules (lever et coucher du soleil) suivant un cycle régulier de mesure. Les données s'enregistrent dans un fichier .txt où on peut les consulter ou les déplacer vers une autre zone de stockage. Il est prévu d'établir une base des données composées des fichiers mensuels où les valeurs journalière seront stockées et mise à la disposition des communautés scientifique toute échelle confondue.

8. Remerciement

Je tiens à remercier le personnel du service OCE (observation, climatologie et environnement) de l'ANACM pour leur mobilisation lors de cette phase d'installation du Mini-SAOZ. Je remercie également le service Logistique pour avoir mis à notre disposition toutes les moyens nous permettant de réaliser l'installation. Un grand merci à Monsieur Tamou chef de la maintenance pour ses services rendues et à Monsieur Halifa Chanfi conseiller en Météorologie auprès du Directeur Général, pour sa disponibilité et son soutien indéfectible pour le développement de l'observation et la recherche systématique au sein de la Direction de la météorologie de l'Union des Comores.

« Clamer que le chemin est long ne raccourci pas, raccourcir c'est faire un pas en avant »

Merci à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la mise en place de cet observatoire.
Je vous en suis très reconnaissant