



CALIPCIEL

Logiciel de réception et traitement des données du photomètre CALISPH' AIR

Rédacteur : Frédéric BOUCHAR et Caroline PLAZA

Editeur : TENUM

INTRODUCTION

Logiciel de réception et traitement des mesures réalisées par le photomètre Calisph'air.

Le photomètre Calisph'air réalise des mesures de luminosité (dans le vert et le rouge) et une mesure de température.

Ces mesures sont nécessaires pour calculer des épaisseurs optiques qui donnent des informations sur la nature et le taux aérosols de l'atmosphère.

Le logiciel permet de :

- Paramétrer le photomètre (étalonnage)
- Recevoir et traiter les mesures effectuées par le photomètre
- Afficher les mesures reçues
- Enregistrer dans un fichier les mesures reçues

Étalonnage

D'après les documents d'informations sur le calcul de l'épaisseur optique des aérosols de l'atmosphère, nous avons besoin des éléments suivant caractérisant l'étalonnage des capteurs :

Tension des capteurs dans le noir : V_{noir} (mesure du bruit électronique du capteur)

Tension des capteurs éclairés avec une lumière étalon : V_0

MATERIEL

Le photomètre

Deux modes de fonctionnement sont disponibles : le mode simple mesure et le mode mesures continues.

Simple mesure

L'utilisateur appuie (moins d'1 seconde) sur le bouton du photomètre : les trois mesures sont effectuées, envoyées sur le port série (une mesure est affichée sur l'écran du photomètre).

Note : dans le cas où le PC n'est pas utilisé, l'utilisateur doit répéter la séquence d'appui sur le bouton trois fois pour lire les trois paramètres mesurés.

Mesures en continu

L'utilisateur appuie plus de deux secondes sur le bouton du photomètre : le système entre alors dans une boucle infinie d'acquisitions et d'envois des données sur le port série. L'appui une nouvelle fois sur le bouton, permet de sortir de ce mode pour retrouver le mode Simple mesure.

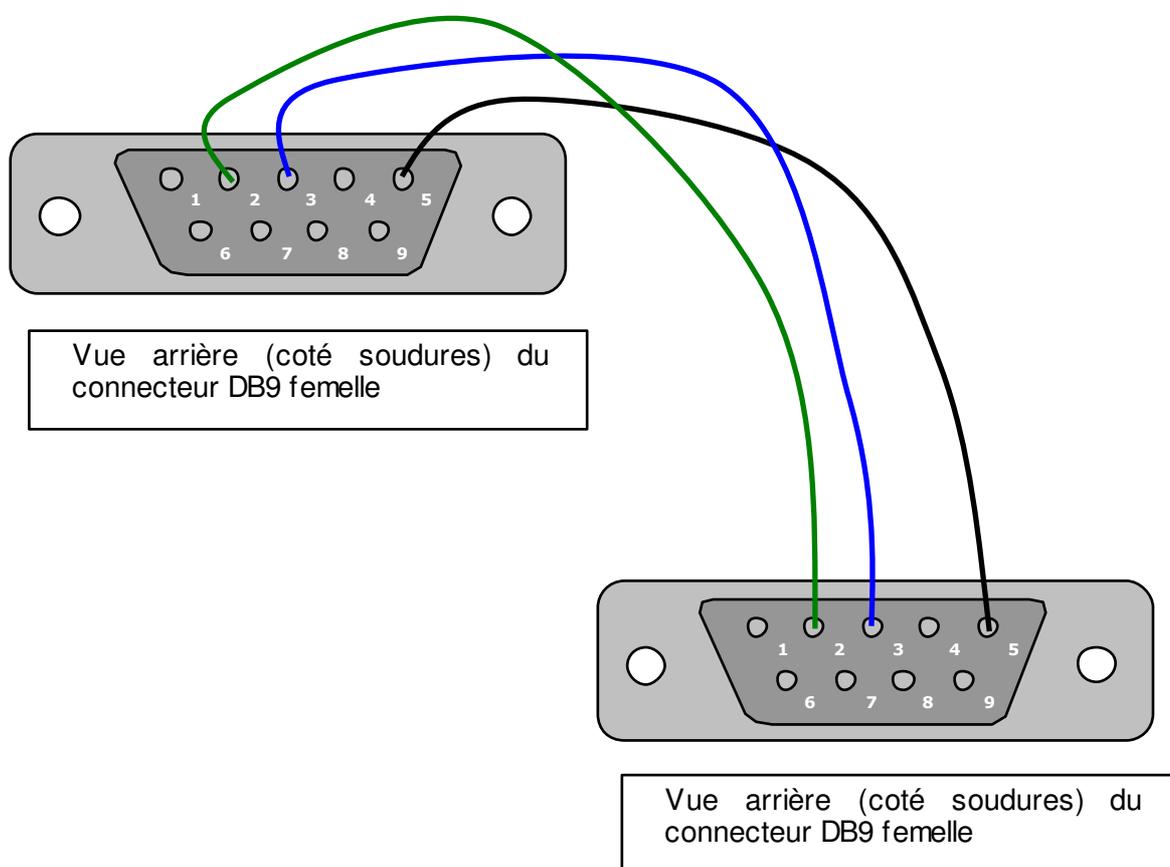
Le PC

Le logiciel fonctionne sur les systèmes récents les plus répandus : Windows 2000 et Windows XP.

Il utilise un port série ou un adaptateur USB/série

Rallonge

Une rallonge RS232 sera sans doute nécessaire. Voici le schéma de montage d'une rallonge type femelle-femelle non croisée :



DESCRIPTION DU LOGICIEL

Installation du logiciel

Placer le CD dans le lecteur, le démarrage devrait être automatique. Si ce n'est pas le cas, lancer l'exécutable : Install.exe

Le programme d'installation place les fichiers de Calipciel dans un répertoire par défaut ou créer par l'utilisateur.

Ces fichiers sont les suivants :

Calipciel.exe
Doc_Calipciel.pdf
Parametres.txt
SitesWeb.txt

Calipciel.exe est le programme Calipciel

Doc_Calipciel.pdf est ce document, consultable avec AcrobatReader ® ou depuis Calipciel, sur la page Infos.

Parametres.txt contient les paramètres de fonctionnement de Calipciel.

SitesWeb.txt contient la liste des sites web ressources pour les projets liés à Calisph'air. Il peut être enrichi et échangé entre plusieurs utilisateurs.

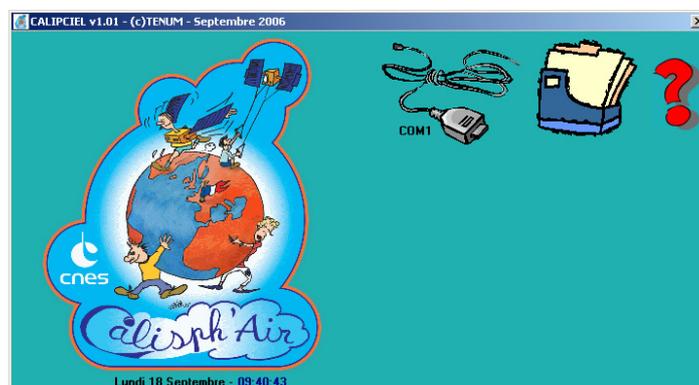
Objets graphiques

- Fenêtre principale
- Port série
- Fichiers
- Informations sur le logiciel
- Fenêtre *Paramètres*
- Fenêtre *Etalonnages*
- Fenêtres *Réception des mesures*
- Fenêtre *Mot de passe*
- Fenêtre *Informations sur le logiciel*

Fenêtre principale

La fenêtre principale a des dimensions fixes et est divisée en deux parties : la partie gauche qui comporte le logo Calisph'air visible en permanence et la partie droite qui comporte les fenêtres nécessaires au fonctionnement.

Trois objets graphiques constituent le menu dans la partie droite : choix du port série, du fichier de sauvegarde des données et affichage des informations sur le logiciel.



Cinq fenêtres seront affichées en fonction de l'utilisation du logiciel, principalement dans la partie droite, sous les trois objets du menu.

Port série

Permet à l'utilisateur de choisir le port série par lequel vont arriver les mesures.

Initialisation

Lecture des ports disponibles sur la machine hôte.



Actif

Dès que le programme est lancé et quand la fenêtre *réception des données* est quittée (retour en configuration de début).

Inactif

Dès que la fenêtre *Paramètres* est validée par l'utilisateur.

Remarque

Pour changer de port série, l'utilisateur peut le faire lorsque la fenêtre *Paramètres* est visible. Dans toutes les autres situations, pour changer le port série, il faudra soit quitter la fenêtre de réception des données, soit quitter le programme et le relancer.

Fichiers

Permet à l'utilisateur de choisir le nom du fichier dans lequel seront écrites les données reçues.



Initialisation

Il n'existe pas de fichier par défaut, par contre le répertoire par défaut sera celui contenant l'exécutable du programme Calipciel.

Actif

Dès que le programme est lancé, lorsque toutes les fenêtres sont fermées.

Inactif

Dès que la fenêtre *Paramètres* est validée par l'utilisateur.

Remarques

Pour changer de nom de fichier, l'utilisateur peut le faire lorsque la fenêtre *Paramètres* est visible. Dans toutes les autres situations, pour changer de nom de fichier, il faudra fermer toutes les fenêtres.

Les fichiers sont de type texte et comportent l'extension *.txt*

Si le fichier choisi existe déjà, alors les nouvelles données seront écrites à la suite des autres.

Informations sur le logiciel

Permet à l'utilisateur d'obtenir des informations sur la version du logiciel, mais également accéder à la documentation du logiciel et des ressources *web* concernant le projet Calisph'air.



Fonctionnement

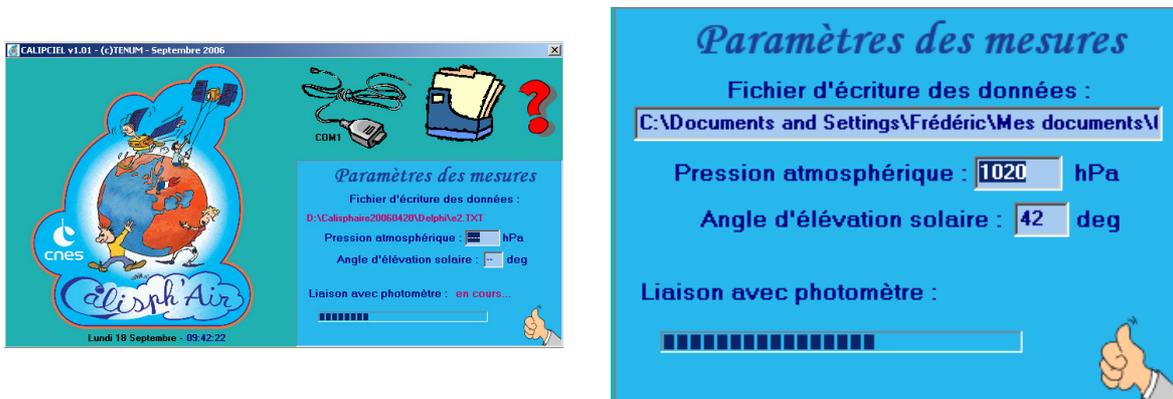
Toujours disponible, lorsque l'utilisateur clique sur le point d'interrogation, la fenêtre *Informations* est affichée devant toutes les autres.

Fenêtre Paramètres

Permet à l'utilisateur de préparer ses mesures et de :

- noter les paramètres d'environnement des mesures : pression atmosphérique et hauteur angulaire du soleil,
- vérifier la liaison avec le photomètre par le câble série.

Une fois satisfait de ses choix, l'utilisateur valide la fenêtre qui se ferme définitivement dans le cycle d'utilisation du programme.



Ouverture de la fenêtre

Elle se fait lorsque l'utilisateur a choisi le nom du fichier qui recevra les données du photomètre.

Paramètres d'environnement

La fenêtre ne pourra pas être validée tant que ces paramètres ne seront pas saisis par l'utilisateur.

Vérification de la liaison avec le photomètre

Dès l'ouverture de la fenêtre Paramètres, le programme envoie des trames de requête d'identification sur le port série sélectionné.

Une jauge indique la progression des envois sans réponse. Dès qu'une réponse correcte est reçue, la jauge disparaît et un OK apparaît.

Validation de la fenêtre Paramètres

L'utilisateur valide ses paramètres en cliquant sur la main tendant un pouce. Cette validation ne sera possible que si :

- Un nom de fichier valide a été choisi
- Les paramètres d'environnement ont été entrés et son valide
- La liaison série avec le photomètre a été établie.

La validation consiste à

- Ecrire dans le fichier :

L'identification « Calipciel » du fichier,

Les paramètres d'environnement (pression et hauteur angulaire solaire)

Les paramètres d'identification reçus du photomètre connecté,

Les paramètres d'étalonnage reçus du photomètre connecté.

- Fermer la fenêtre *Paramètres*
- Ouvrir la fenêtre *Etalonnages*

Fenêtre Etalonnages

Permet d'afficher l'identification et les paramètres d'étalonnages propres au photomètre connecté.

Ouverture de la fenêtre

Elle se fait après la validation de la fenêtre Paramètres. Les paramètres lus venant du photomètre sont affichés dans cette fenêtre.

En utilisation normale, cette fenêtre est consultative et donne simplement des informations aux utilisateurs.

Mode Xper

Ce mode de fonctionnement à accès restreint permet de configurer les paramètres identification et d'étalonnage du photomètre connecté (Voir fenêtre Mot de passe).



La validation de la fenêtre Etalonnages

Elle permet de faire apparaître la fenêtre Réception des mesures.

Fermeture de la fenêtre Etalonnages

Elle est fermée lorsque l'utilisateur clique sur la croix bleue en haut à droite. Pour l'ouvrir de nouveau, l'utilisateur devra recommencer l'opération depuis le choix du fichier de sauvegarde.

Fenêtre réception des mesures en mode simple

Elle est le cœur du logiciel puisqu'elle affiche les mesures réalisées grâce au photomètre.

La fenêtre se présente en fonction du mode de fonctionnement du photomètre :

Fenêtre en mode simple

Les données sont affichées à chaque appui sur le bouton du photomètre. Dès l'ouverture de la fenêtre, les données reçues sont écrites dans le fichier.



Bouton Arrêter / Démarrer

Permet d'arrêter le stockage des données reçues dans le fichier. Lorsque l'utilisateur clique sur le bouton arrêter (ou appuie sur la touche Entrée du clavier), le bouton Démarrer apparaît pour permettre de nouveau le stockage des données dans le fichier.

Quitter la fenêtre Réception des mesures

L'utilisateur peut quitter à tout moment la réception des mesures en cliquant sur la croix bleue : toutes les fenêtres sont fermées ainsi que le fichier de données et le programme revient alors dans la configuration de départ.

Fenêtre en mode continu

Le photomètre réalise et envoie en continu les mesures au logiciel.

La fenêtre est composée de deux parties, la première, identique en fonctionnement à celle du mode simple, affiche en temps réel les données reçues. La seconde partie permet de gérer et d'afficher les valeurs maximales des mesures. L'utilisateur peut ainsi ajuster son mode d'acquisition avec le photomètre et ne sauvegarder dans le fichier que les meilleurs résultats. Il fait cette action en cliquant sur Ecrire ou en appuyant sur la touche Entrée du clavier.

Bouton Ecrire

Dans ce mode, l'utilisateur choisit le moment d'écrire les valeurs maximales des mesures dans le fichier en cliquant sur le bouton Ecrire ou en appuyant sur la touche Entrée du clavier.

Jauges verte et rouge

Elles indiquent en temps réel le niveau des mesures envoyées par le photomètre. Un curseur sous chaque jauge indique le niveau maximum atteint. Ce niveau maximum est également indiqué de manière numérique (Tension et Epaisseur Optique maximales).

Bouton de remise à zéro

L'utilisateur peut à tout moment remettre à zéro les valeurs maximales reçues du photomètre en cliquant sur les petits boutons mauves situés à gauche des jauges.

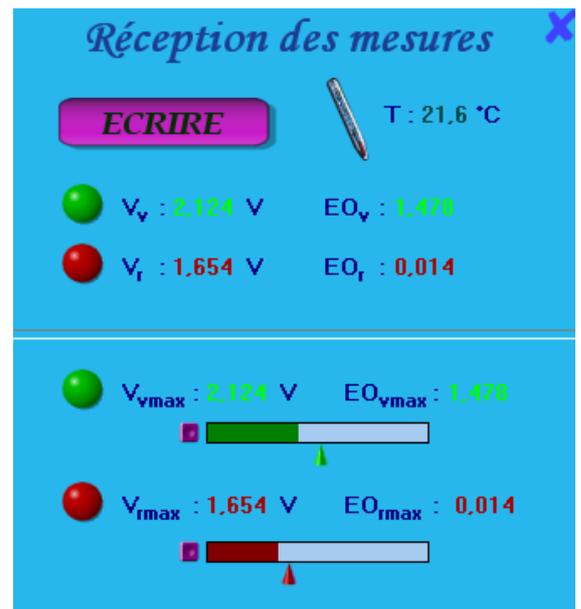
Quitter la fenêtre Réception des mesures

L'utilisateur peut quitter à tout moment la réception des mesures en cliquant sur la croix bleue : toutes les fenêtres sont fermées ainsi que le fichier de données et le programme revient alors dans la configuration de départ.

Fenêtre mot de passe

Elle permet à l'utilisateur autorisé d'accéder aux valeurs de paramètres du photomètre, de les modifier et écrire dans la mémoire du photomètre. Cette fenêtre comporte un éditeur de mot de passe, du pouce qui permet de valider ou de la croix bleue qui permet de quitter.

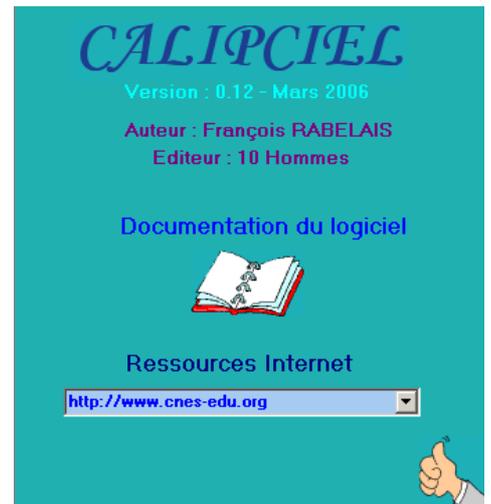
Au bout de trois essais, la fenêtre est fermée automatiquement.



Fenêtre informations sur le logiciel

Elle permet de communiquer des informations sur l'auteur du logiciel, elle donne accès à la documentation (pdf) et permet de se connecter sur des sites de ressources pour le projet Calisph'air.

L'utilisateur ferme cette fenêtre en cliquant sur le pouce.



MESURE DE L'ÉPAISSEUR OPTIQUE

Qu'est-ce que l'épaisseur optique ?

De manière générale, l'épaisseur optique (grandeur sans unité) décrit la quantité de lumière qui traverse un matériau. Plus l'épaisseur optique est grande, moins la lumière traverse le matériel.

Dans le cadre du photomètre, l'épaisseur optique mesurée est celle de l'atmosphère. Elle caractérise donc en quelque sorte la *transparence* de l'atmosphère. Plus notre visibilité est réduite, plus l'épaisseur optique de l'atmosphère est importante.

La transparence de l'atmosphère est altérée par plusieurs facteurs comme la présence de nuages, d'aérosols mais aussi par les molécules de l'atmosphère elles-mêmes... L'épaisseur optique d'aérosols ou AOT décrit plus spécifiquement à quel point les aérosols affectent le passage de la lumière à travers l'atmosphère, pour une longueur d'onde donnée.

Relation épaisseur optique / pourcentage de transmission

Épaisseur Optique	Pourcentage de transmission
0.10	90.5%
0.20	81.9%
0.30	74.1%
0.40	67.0%
0.50	60.7%
0.60	59.9%
0.75	47.2%
1	36.8%
1.25	28.7%
1.50	22.3%
2.00	8.2%
2.50	8.2%
3	5.0%
3.50	3%
4	1.8%
5	0.7%

Dans un ciel très clair, l'épaisseur optique peut avoir des valeurs proches de 0.05 (transmission d'environ 95%).

Pour un ciel très brumeux ou gris, elle peut avoir une valeur au-dessus de 1.0 (transmission d'environ 39%).

Il y a un rapport simple entre l'épaisseur optique et la transmission exprimée en pourcentage

$$\text{Transmission (\%)} = 100 \times e^{-(\text{épaisseur optique})}$$

Quel est le rapport entre la mesure et l'épaisseur optique d'aérosols?

Le photomètre mesure l'éclairement solaire (Watt / m^2) qui arrive à la surface. L'éclairement solaire au "sommet" de l'atmosphère étant connu, la mesure de sa valeur à la surface, après traversée de l'atmosphère, permet de connaître la transmission de l'atmosphère, transmission liée à l'épaisseur optique.

En termes plus mathématiques, l'énergie solaire qui arrive au sol, E_{surf} , est liée à l'énergie solaire arrivant au sommet de l'atmosphère E_{som} , par l'équation suivante :

$$E_{\text{surf}} = E_{\text{som}} \times e^{(- OT / \sin A)}$$

- L'angle A est l'angle d'élévation solaire.
- OT représente l'épaisseur optique atmosphérique totale qui se décompose en deux termes OT_M et OT_A , respectivement l'épaisseur optique moléculaire et l'épaisseur optique d'aérosols qui est la quantité que l'on recherche.

$$OT = OT_M \text{ et } OT_A$$

La tension de sortie V du détecteur est proportionnelle à l'éclairement incident. L'équation précédente devient alors

$$V_{\text{surf}} = V_{\text{som}} \times e^{(- OT / \sin A)}$$

La tension V_{som} représente la tension que l'on recueillerait en sortie du photomètre si on plaçait ce dernier au sommet de l'atmosphère. L'étalonnage du photomètre en altitude permet de déterminer sa valeur.

On a donc :

$$OT = OT_M \text{ et } OT_A \quad (1) \text{ et}$$

$$V_{\text{surf}} = V_{\text{som}} \times e^{(- OT / \sin A)} \quad (2)$$

$$\text{On déduit de (2) : } OT = \ln (V_{\text{som}} / V_{\text{surf}}) \times \sin A$$

$$\text{Puis (1) et (2) : } OT_A = \ln V_{\text{som}} \times \sin A - \ln V_{\text{surf}} \times \sin A - OT_M$$

$$m \text{ est la masse d'air relative on a : } m = 1 / \sin A \quad (3)$$

$$D'o\grave{u} \quad OT_A = \frac{(\ln V_{\text{som}} - \ln V_{\text{surf}} - OT_M \times m)}{m}$$

On peut calculer OT_M car elle dépend de la longueur d'onde et de la pression atmosphérique.

On prendra : $OT_M = a_R \times (p / p_0)$

- a_R est la contribution à l'épaisseur optique de la dispersion moléculaire de la lumière dans l'atmosphère à une longueur d'onde (0.05793 pour le rouge et 0.13813 pour le vert)
- p est la pression de la station à l'heure de la mesure. P_0 est la pression atmosphérique au niveau de la mer.

La tension mesurée à la surface correspond à la tension lue sur le photomètre, à laquelle on retranche la tension à vide (« tare » du photomètre).

On a donc : $V_{\text{surf}} = V - V_{\text{dark}}$

Comme nous l'avons précisé, V_{som} dépend de l'étalonnage du photomètre.

V_0 est la constante d'étalonnage par une longue d'ondes qui nous est fourni par globe telle que :

$$V_{\text{som}} = V_0 / R^2$$

Avec R est la distance Terre-Soleil exprimée en Unité Astronomique (UA)

Conclusion :

$$OT_A = \frac{[\ln(V_0/R^2) - \ln(V - V_{\text{dark}}) - a_R (p/p_0).m]}{m}$$

Pourquoi faire la mesure sur plusieurs canaux ?

Le photomètre solaire GLOBE dispose de deux canaux, qui sont chacun sensible à une longueur d'onde particulière. Le premier, en lumière verte à environ 505 nm et le second, en lumière rouge à environ 625 nm. La lumière verte est très proche du pic de sensibilité de l'œil humain, par conséquent, à cette longueur d'onde, un ciel brumeux est susceptible d'avoir une épaisseur optique d'aérosols importante. La lumière rouge est plus sensible aux aérosols de taille plus importante.

Les données, recueillies sur un seul canal, permettent le calcul de l'épaisseur optique d'aérosols dans une gamme de longueurs d'onde particulière, mais ne fournissent pas d'informations au sujet de leur distribution en taille.

Collecter les données sur plusieurs canaux permet d'en savoir plus sur leur taille, ce qui nous aide à déterminer leur origine.

L'utilisation d'un photomètre solaire à doubles canaux permet d'obtenir deux valeurs pour l'épaisseur optique d'aérosols au lieu d'une seule. Avec deux canaux ou plus, il est possible d'obtenir des informations sur la répartition en taille des aérosols. L'exposant d'Angström α de la longueur d'onde peut être calculé à partir de données d' OT_A prises à deux longueurs d'ondes :

$$\alpha = \frac{\ln (OT_{A \lambda 1} / OT_{A \lambda 2})}{\ln (\lambda 1 / \lambda 2)}$$

Ce coefficient est propre à un type d'aérosol.

Habituellement, la valeur moyenne de α est d'environ 1,3. Des valeurs supérieures à cette moyenne indiquent un taux relativement plus élevé de petites particules par rapport aux plus grandes (diamètre supérieur à 1 micron).

La répartition en taille est d'autant plus importante, qu'elle fournit des données pertinentes sur l'origine des aérosols. Plus les particules d'aérosols sont petites, plus l'épaisseur optique d'aérosols dépend de la longueur d'onde de la lumière détectée.

Les aérosols provenant de poussières, sont en général plus grand en taille que ceux provenant de fumées ou de certaines pollutions atmosphériques. Ainsi, un photomètre solaire à doubles canaux devrait pouvoir distinguer la poussière d'autres sources d'aérosols.

REMARQUES :

Le calcul des épaisseurs optiques nécessite d'autres paramètres que ceux de la lumière : nous avons besoin de l'angle d'élévation solaire et de la pression atmosphérique. Ne peut-on pas intégrer un capteur d'inclinaison et un capteur de pression dans le photomètre ?