

# StaneO

BC-EDU  
Capteur de carbone suie  
Manuel de l'utilisateur

BC-EDU\_ManuelUtilisateur - 7 avril 2017

## Table des matières

1	Introduction.....	2
1.1	Matériel livré.....	2
1.2	Autre matériel nécessaire.....	2
1.2.1	Voltmètre.....	2
1.2.2	Petit outillage.....	2
2	Principe des mesures.....	2
2.1	Quelques informations supplémentaires sur la mesure du débit.....	3
3	Installation du capteur et mesure.....	3
3.1	Déroulement d'une mesure.....	3
3.2	Recommandations.....	4
4	Remplacement du filtre.....	4
4.1	Référence des filtres.....	5
5	Dernières informations.....	5
5.1	Quelques mesures de référence.....	5
5.2	Automatisation des mesures.....	6
5.2.1	Feuille de calcul pour la saisie des tensions et la mesure de la concentration en carbone suie.....	6
5.2.2	Transformez votre BC-EDU en capteur continu et connecté !.....	6
6	Révisions.....	6

# 1 Introduction

Le capteur BC-EDU est un instrument destiné à la mesure de la concentration de l'atmosphère en carbone suie (*Black Carbon* en anglais). Le carbone suie de l'atmosphère est majoritairement produit par la combustion de la biomasse (bois de chauffage, incendie de forêts etc.) et des combustibles fossiles (diesel, « fuel » etc.). C'est un des composants de ce qu'on appelle communément la fumée.

## 1.1 Matériel livré

Dans le colis se trouvent :

- le capteur ;
- 2 mètres de tube souple pour le prélèvement de l'air ;
- l'adaptateur secteur pour son alimentation ;
- une dizaine de filtres propres.

Le capteur est fourni avec un filtre en place. Il est prêt à être utilisé.

## 1.2 Autre matériel nécessaire

### 1.2.1 Voltmètre

La mesure de concentration est indirecte, elle passe par la mesure de deux paramètres :

- l'atténuation de la lumière qui passe au travers du filtre ;
- le débit d'air dans le filtre qui nécessite la lecture de deux tensions.

Ces mesures requièrent l'utilisation d'un volt-mètre, non fourni.

### 1.2.2 Petit outillage

L'ouverture du boîtier où se trouve le filtre requiert un tournevis plat de 4 ou 5 mm.

L'intensité de la source lumineuse est ajustée en usine pour les filtres fournis. Si il était nécessaire de rectifier cet ajustement, un tournevis d'horlogerie plat ou cruciforme de 1 mm serait nécessaire.

# 2 Principe des mesures

*Le principe repose sur la mesure de la variation d'intensité lumineuse à travers un filtre où s'accumulent les particules en suspension dans l'air qu'on force à circuler grâce à une pompe.*

Les mesures sont toutes effectuées avec le volt-mètre. La borne commune du voltmètre est toujours connectée à la masse (borne marquée « Référence »).

Avec la borne positive du volt-mètre, on mesure les différentes tensions :

- Lumière : la tension est proportionnelle à l'intensité de la lumière qui traverse le filtre ( $I$ )

$$I = k \times U_{\text{lumière}}$$

- Température : la tension est proportionnelle à la température ( $T$ ) de l'air

$$T = 33,9 \times U_{\text{température}} - 50$$

- Air : la tension est proportionnelle à la pression de l'air dans le grand compartiment :

$$P = 11,415 U_{air} + 55,446$$

On procède à deux mesures :

- la première en conditions normales :  $U_{air1}$  donne  $P_1$ .
- la seconde en bouchant la buse de sortie d'air en appuyant avec un doigt :  $U_{air2}$  donne  $P_2$ .

Le débit  $Q$  en  $m^3/s$  dépend de la différence de pression  $\Delta P = P_1 - P_2$  :

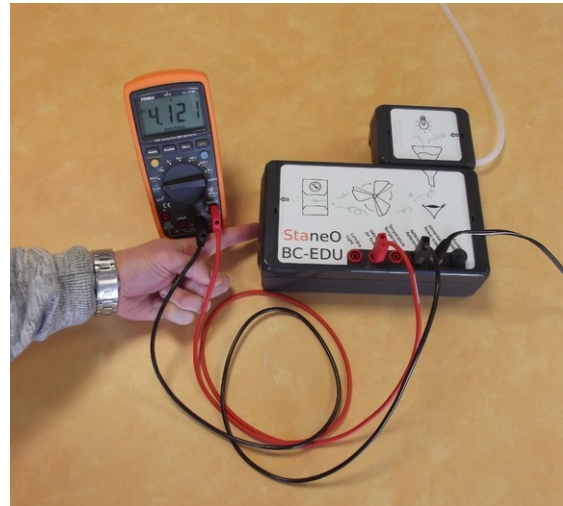
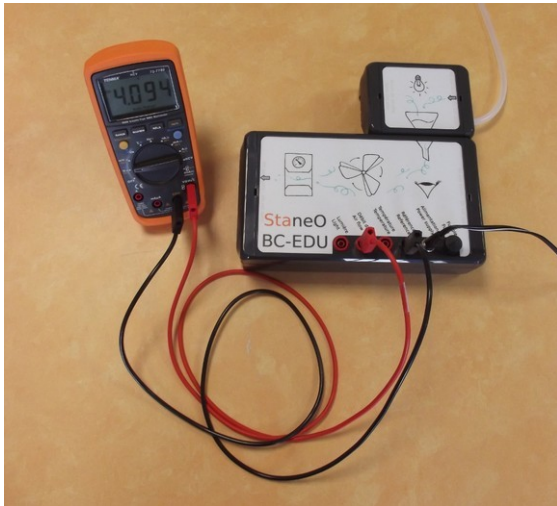
$$Q = \frac{1}{1000} \cdot \frac{1}{3600} \cdot (0,2 \Delta P^2 + 13 \Delta P + 112,5)$$

## 2.1 Quelques informations supplémentaires sur la mesure du débit

La tension  $U_{air2}$  est proportionnelle à la pression atmosphérique  $P_2$ , et la tension  $U_{air1}$  est proportionnelle à la pression  $P_1$  dans le compartiment en dépression, qui aspire l'air.

En bouchant la buse de sortie, on empêche la pompe de fonctionner et la pression dans le grand compartiment prend la valeur de la pression à l'extérieur (pression atmosphérique).

Le débit est calculé par la mesure de la différence de pression  $\Delta P = P_1 - P_2$ .



Ci-dessus à gauche la mesure de la tension  $U_{air1}$ , à droite la mesure  $U_{air2}$ . La buse de sortie est bouchée pour la seconde mesure.

## 3 Installation du capteur et mesure

Le capteur doit être installé à l'abri de la pluie et du soleil, en intérieur exclusivement. Pour effectuer des mesures avec de l'air extérieur, il convient d'utiliser le tube pour acheminer l'air extérieur jusqu'au capteur en prenant soin de ne pas laisser entrer d'eau dans le tube. Le capteur doit être alimenté avec le bloc adaptateur livré.

Les deux compartiments doivent être fermés.

La filtration de l'air commence dès la mise sous tension. Il est nécessaire d'attendre environ 15 minutes avant la toute première mesure et après le remplacement d'un filtre. Les mesures peuvent ensuite être faites à tout moment.

### 3.1 Déroulement d'une mesure

À  $t=t_0$ , on mesure les tensions  $U_0 = U_{lumière}$  et  $U_{air}$  puis quelques minutes, dizaines de minutes ou même plusieurs heures plus tard, à  $t=t_1$  on mesure une nouvelle fois les tensions  $U_1 = U_{lumière}$ ,  $U_{air1}$  et  $U_{air2}$  en vérifiant que le débit  $Q$  mesuré à  $t_0$  et  $t_1$  change peu

(moins de 10%). Un débit très variable indique un problème de positionnement du filtre.

La concentration de carbone suie dans l'atmosphère notée  $BC$  est donnée par la relation suivante :

$$BC = \frac{1}{\sigma} \times \frac{A}{Q \times (t_1 - t_0)} \times \ln \left( \frac{U_0}{U_1} \right)$$

où  $\sigma$  est une constante de l'instrument dont la valeur est  $16 \text{ g/m}^2$ ,  $t_1 - t_0$  est le temps en secondes qui sépare les mesures de  $U_0$  et  $U_1$  et  $A$  est la surface du filtre à travers laquelle on fait passer l'air (le filtre a un diamètre de  $16 \text{ mm}$ , cette surface vaut donc  $0,0002 \text{ m}^2$ ).

Ainsi, si on mesure  $3,76 \text{ V}$  en début d'expérience, puis  $3,71 \text{ V}$  après  $1 \text{ heure}$  ( $3600 \text{ secondes}$ ), avec un débit  $Q=1,14 \text{ l/minute}$  ( $0,000019 \text{ m}^3/\text{s}$ ), alors la concentration moyenne pendant cette heure de mesure est :  $0,00000244 \text{ g/m}^3$ , c'est à dire  $2,44 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ .

### 3.2 Recommandations

Lorsque la concentration de l'atmosphère en carbone suie est faible, la lumière est peu atténuée et le rapport  $U_0/U_1$  est proche de 1, donc la concentration proche de 0. Les erreurs de mesure peuvent cependant mener à un rapport  $U_0/U_1$  inférieur à 1. Dans ce cas, il convient d'attendre quelques minutes avant de procéder au calcul de concentration. En d'autres termes, **lorsque la concentration en carbone suie de l'atmosphère est faible, les mesures doivent être séparées de grandes durées (1 à 2 heures), lorsque la concentration en carbone suie de l'atmosphère est élevée, les mesures peuvent être fréquentes (toutes les 10-15 minutes).**

Pour que les mesures soient les plus précises possibles, nous vous recommandons de :

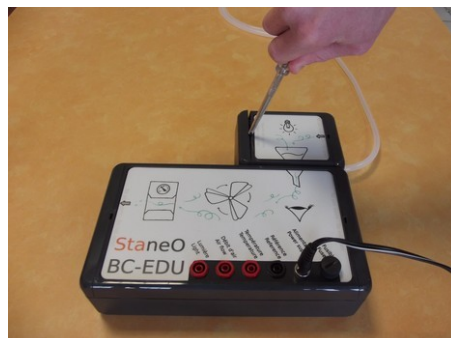
- toujours mesurer  $U_{air2}$  en dernier car  $U_{lumière}$  est perturbée pendant quelques instants après avoir bouché la buse de sortie ;
- ne pas débrancher l'alimentation du capteur entre deux mesures ;
- ne pas déplacer le capteur entre deux mesures ;
- ne pas empêcher la sortie de l'air du capteur en dehors des mesures de débit ;
- ne pas pincer le tube d'entrée de l'air ;
- ne pas plier le filtre.

Après avoir changé le filtre, il convient de laisser passer 15 minutes avant les premières mesures.

## 4 Remplacement du filtre

Le filtre doit être changé lorsque la tension de la lumière passe sous  $0,1 \text{ V}$ .

Le filtre se trouve dans le petit compartiment qui s'ouvre comme indiqué par la photo suivante, avec un tournevis de  $4$  ou  $5 \text{ mm}$ , du côté indiqué par le marquage sur le boîtier. Le grand compartiment ne peut pas être ouvert.



Le filtre est coincé entre deux aimants annulaires. Un aimant est fixe, intégré dans le grand boîtier,

l'autre est mobile. Il suffit de le saisir par son bord élargi pour le retirer.



Le filtre sale peut être déposé et le filtre propre mis en place. Les deux aimants se positionnent spontanément l'un en face de l'autre. Le filtre doit bien recouvrir le trou devant lequel il est positionné.

Le boîtier se referme en appuyant sur la pièce charnière une fois le capot rabattu.

Après le positionnement du nouveau filtre, il faut s'assurer que la tension  $U_{\text{lumière}}$  est comprise entre 4V et 5V. Si ce n'est pas le cas, il faut rouvrir le petit compartiment, et jouer sur le réglage du potentiomètre avec un tournevis d'horloger, pour faire revenir  $U_{\text{lumière}}$  dans cette plage. Le potentiomètre est indiqué par la flèche rouge ci dessous.



## 4.1 Référence des filtres

STANEO propose des filtres de remplacement, leur référence fabricant est BC-EDU-FILTER. Les filtres à membrane de masque anti-poussière de classe FFP2 peuvent aussi être utilisés.

## 5 Dernières informations...

### 5.1 Quelques mesures de référence

Lors d'un pic de pollution (concentration en PM10 supérieure à  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), la concentration en carbone suie peut atteindre 5 à  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . D'une façon générale, la concentration en carbone suie représente habituellement 5 à 20 % de la concentration en PM10. Cependant les conditions météorologiques peuvent provoquer des phénomènes intéressants.

Les mesures faites à proximité d'un parking ou sous le vent d'une cheminée de bois de chauffage d'habitation peuvent révéler des concentrations très importantes (plusieurs dizaines de  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

N'hésitez pas à confronter vos mesures à celles d'organismes de surveillance de la qualité de l'air ou à procéder à des mesures en intérieur.

## 5.2 Automatisation des mesures

### 5.2.1 Feuille de calcul pour la saisie des tensions et la mesure de la concentration en carbone suie

STANEO met à votre disposition une feuille de calcul permettant de saisir simplement les mesures, vous la trouverez sur <http://www.staneo.fr> (dans la rubrique *Support/BC-EDU*).

Tensions mesurées en volts													
	Date, heure	U <sub>lumière</sub>	U <sub>air1</sub>	U <sub>air2</sub>	U <sub>temp.</sub>	Durée (h:m:s)	Durée (s)	Débit (m³/s)	Débit (l/min)	Concentration BC (ng/m³)	Cumul (ng)	Pression interne (kPa)	Température de l'air entra (°C)
13													
14													
15	24/03/17 12:00	3,320	3,957	3,936	2,000	<i>Première mesure</i>		0,0000304	1,8	<i>Pas de calcul possible</i>		100,6	25
16	24/03/17 13:20	3,305	3,956	3,934	2,007	01:20	4800	0,0000303	1,8	390	57	100,6	25
17	24/03/17 14:12	3,286	3,956	3,934	2,007	00:52	3120	0,0000303	1,8	765	129	100,6	25
18	25/03/17 09:19	3,218	3,956	3,934	1,998	19:07	68820	0,0000303	1,8	126	392	100,6	25
19	25/03/17 16:00	3,146	3,956	3,927	2,000	06:41	24060	0,0000301	1,8	391	675	100,6	25
20	25/03/17 16:55	3,109	3,959	3,930	2,000	00:55	3300	0,0000301	1,8	1499	824	100,6	25

### 5.2.2 Transformez votre BC-EDU en capteur continu et connecté !

Rendez-vous sur le site <http://www.staneo.fr> pour avoir toutes les informations vous permettant de réaliser un montage avec une carte Arduino et quelques accessoires pour transformer votre capteur BC-EDU en instrument de mesure continue. STANEO utilise un montage analogue sur son tout premier prototype de BC-EDU au centre-ville de Toulouse, les mesures sont en ligne ici : <http://bc.staneo.fr>

Enfin, pour suivre notre actualité, connectez-vous sur twitter : [https://twitter.com/STANEO\\_E](https://twitter.com/STANEO_E) !

## 6 Révisions

Date	Objet
07/04/2017	Erreur de signe sur $\Delta P$
27/03/2017	Référence des filtres, photos, détails sur la mesure du débit
28/02/2017	Adaptation de la mesure de débit à la version sans débit-mètre
30/01/2017	Version initiale