



Guide méthodologique pour la surveillance des PM_{10} et $PM_{2,5}$ dans l'air ambiant par méthode optique FIDAS

Laboratoire Central de Surveillance
de la Qualité de l’Air

**GUIDE METHODOLOGIQUE POUR LA SURVEILLANCE DES PM₁₀ ET
PM_{2,5} DANS L’AIR AMBIANT PAR METHODE OPTIQUE FIDAS**

Surveillance des particules PM10 et PM2,5

Robin AUJAY-PLOUZEAU (LCSQA-INERIS)

Septembre 2017

	Rédaction	Vérification	Approbation
NOM	Robin AUJAY-PLOUZEAU	Tanguy AMODEO	Marc DURIF
Qualité	Technicien de l’Unité CIME Direction des Risques Chroniques	Ingénieur de l’Unité CIME Direction des Risques Chroniques	Responsable du Pôle CARA Direction des Risques Chroniques
Visa			

LE LABORATOIRE CENTRAL DE SURVEILLANCE DE LA QUALITÉ DE L'AIR

Le Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air est constitué des laboratoires de l'IMT Lille Douai, de l'INERIS et du LNE. Il mène depuis 1991 des études et des recherches à la demande du Ministère chargé de l'environnement, et en concertation avec les Associations Agréées de Surveillance de la Qualité de l'Air (AASQA). Ces travaux en matière de pollution atmosphérique ont été financés par la Direction Générale de l'Énergie et du Climat (bureau de la qualité de l'air) du Ministère chargé de l'Environnement. Ils sont réalisés avec le souci constant d'améliorer le dispositif de surveillance de la qualité de l'air en France en apportant un appui scientifique et technique au ministère et aux AASQA.

L'objectif principal du LCSQA est de participer à l'amélioration de la qualité des mesures effectuées dans l'air ambiant, depuis le prélèvement des échantillons jusqu'au traitement des données issues des mesures. Cette action est menée dans le cadre des réglementations nationales et européennes mais aussi dans un cadre plus prospectif destiné à fournir aux AASQA de nouveaux outils permettant d'anticiper les évolutions futures.

TABLE DES MATIERES

1. INTRODUCTION	6
2. MISE EN ŒUVRE DU FIDAS SUR SITE	7
2.1 Type de site	7
2.2 Installation.....	7
2.3 Température de l'environnement de travail	8
2.4 Démarrage, arrêt du FIDAS	8
2.5 Tête de prélèvement.....	9
2.6 Sonde météorologique.....	9
2.7 Paramétrage de la ligne IADS.....	10
2.8 Etat de l'instrument en fonctionnement (device status).....	10
2.9 Enregistrement des données via les stations d'acquisition de mesures.	11
2.10 Sauvegarde des données : menu Data logger.....	11
2.11 Menu expert.....	12
2.12 Filtre de collection.....	13
3. ENTRETIEN / MAINTENANCES / AUDITS POUR UN BON FONCTIONNEMENT SUR SITE	14
3.1 Synthèse des entretiens, maintenances et audits	14
3.2 Tête de prélèvement et ligne de prélèvement IADS.....	14
3.3 Nettoyage de la cellule de mesure.....	15
3.4 Nettoyage de la sonde météorologique multi-paramètres.....	16
3.5 Echange du filtre de pompe	16
3.6 Pompe de prélèvement.....	18
3.7 Joints toriques	18
3.8 AUDITS.....	19
3.8.1 Audit du bruit de fond électronique	21
3.8.2 Audit de la vitesse d'écoulement.....	22
3.8.3 Audit de la Température de la ligne de prélèvement IADS	23
4. ASSURANCE QUALITE / CONTROLES QUALITE DE LA NORME NF EN 16450	24
4.1 Contrôle et étalonnage des capteurs de température, pression et humidité relative.....	26
4.2 Etanchéité du système	27
4.3 Contrôle et étalonnage des débits.....	28
4.4 Blanc d'instrument	30
4.5 Contrôle du système de mesure du FIDAS.....	30
5. INCERTITUDE DE MESURE	32
6. ANNEXES	33

1. INTRODUCTION

Ce guide se conçoit comme le référentiel français en termes d'exigences de qualité des données obtenues par méthode optique FIDAS pour la surveillance des PM_{10} et $PM_{2,5}$ sur les sites de fond urbain de l'ensemble du territoire comme préconisé par l'arrêté du 19 avril 2017 relatif au dispositif national de surveillance de la qualité de l'air ambiant.

A la date de la publication de ce guide méthodologique, le FIDAS 200 est reconnu conforme sur le plan technique pour la mesure réglementaire des PM_{10} et $PM_{2,5}$, uniquement sur site de fond urbain, péri urbain et rural et dans une configuration technique spécifique (cf. liste des appareils conformes pour la mesure réglementaire, téléchargeable sur le site internet du LCSQA : www.lcsqa.org).

Ce guide a pour objectif de rappeler les exigences en matière de contrôle et assurance qualité (AQ/CQ) qu'il convient de respecter afin de garantir une mesure réglementaire par FIDAS, de la matière particulaire (PM) dans l'air ambiant au sein du dispositif français de surveillance de la qualité de l'air.

Dans un premier temps, il rappelle les bonnes conditions de mise en œuvre du FIDAS sur site et de notifier aux utilisateurs les entretiens, maintenances et audits à effectuer pour assurer le bon fonctionnement de celui-ci. Il complète ou met en avant les points importants traités dans le mode d'emploi en version française fourni par le revendeur. Les figures présentes dans ce guide méthodologique sont d'ailleurs extraites de ce dernier.

Dans un second temps, ce guide présente l'ensemble des critères AQ/CQ à réaliser afin de vérifier le respect des exigences de la norme NF EN 16450 « Air ambiant – Systèmes automatisés de mesurage de la concentration de matière particulaire (PM_{10} ; $PM_{2,5}$) », élaborée par le comité technique CEN/TC 264 « Qualité de l'air », parue le 29 avril 2017.

Il incombe à chaque AASQA de mettre en œuvre ces critères AQ/CQ et ces exigences selon la périodicité indiquée, de les documenter et de mettre en place les actions correctives adéquates en cas de non-respect des exigences minimales.

De son côté, le LCSQA continuera son travail de centralisation des retours d'expériences AASQA, de synthèse des problèmes rencontrés et des solutions trouvées par le biais de rapports annuels et/ou lors des réunions de la commission Mesures Automatiques du LCSQA.

Dans l'ensemble du guide, sauf mention contraire, les exigences en matière de contrôle et d'assurance qualité indiquées concernent tous les types de FIDAS (i.e. 200, 200S et 200E). Le FIDAS 200 correspond à la configuration de base. La version 200E correspond à la configuration avec cellule de mesures déportée. Pour une installation à l'extérieur, il convient d'utiliser la version 200S (i.e. avec caisson étanche IP65).

2. MISE EN ŒUVRE DU FIDAS SUR SITE

2.1 TYPE DE SITE

Le FIDAS 200, 200S et 200E est reconnu conforme à la méthode de référence sur les sites de fond de type urbain, péri-urbain et rural. Les exigences de ce guide concernent donc ce type de site uniquement. Les sites trafic et industriel ne sont pas, pour l'heure, concernés et le FIDAS 200 ne peut donc pas être utilisé pour effectuer de la mesure réglementaire des PM.

2.2 INSTALLATION

Le FIDAS peut être installé en intérieur dans une station de mesure (modèle 200 ou 200E) ou en extérieur grâce à l'utilisation d'un caisson étanche et chauffé IP65 (figure 1) (modèle 200S). Le FIDAS 200E peut être mis dans le caisson en posant la cellule déportée sur l'électronique. Le montage de la ligne IADS reste identique au FIDAS 200S.



Figure 1 : illustration du FIDAS, vue de face, et du caisson IP65

Le FIDAS doit être installé avec sa ligne de prélèvement chauffée IADS (Intelligent Aerosol Drying System) de 1,2 m. Seule cette configuration technique a été reconnue conforme pour la mesure réglementaire.

Il est possible d'utiliser un tube d'extension en inox, de 15 mm de diamètre entre la ligne IADS et la tête de prélèvement, si nécessaire. Lorsque le FIDAS fonctionne en station, il est indispensable que la ligne IADS dépasse à l'extérieur de quelques centimètres afin d'assurer le bon fonctionnement de la ligne chauffée et éviter tout phénomène de condensation.

Dans le cas d'utilisation du caisson étanche IP65, il convient d'assurer une bonne étanchéité de la ligne de prélèvement. Pour cela, il faut s'assurer qu'il n'existe aucun espace entre la base de la ligne IADS et la cellule de mesure (figure 2) avant de serrer les brides et les bagues d'étanchéité.



Figure 2 : montage de la ligne IADS par rapport à la cellule de mesures

2.3 TEMPERATURE DE L'ENVIRONNEMENT DE TRAVAIL

Les stations de surveillance de la qualité de l'air étant régulées en température, l'installation du FIDAS en leur sein n'appelle pas de prescriptions particulières.

Pour une installation en extérieur, le caisson IP65 du FIDAS 200 est équipé d'un système de chauffage, ainsi que d'un système de ventilation qui suffisent à son bon fonctionnement. Il n'est pas nécessaire de prévoir une régulation de température du caisson par climatisation.

Pour mémoire, le fabricant indique les températures d'utilisation suivantes :

- FIDAS 200S : de -20 à 50°C ;
- FIDAS 200 et 200E : de +5 à 40°C.

2.4 DEMARRAGE, ARRET DU FIDAS

Le FIDAS peut être mis en route, une fois la ligne IADS, la tête de prélèvement et la sonde météorologique installées.

A l'allumage électrique du FIDAS, le logiciel interne démarre automatiquement.

Comme tout analyseur de mesures automatiques de particules dans l'air ambiant (AMS), celui-ci redémarre automatiquement après une coupure d'alimentation électrique.

L'accès aux différents menus se fait à partir de l'écran principal, à l'aide de l'écran tactile en façade du FIDAS.

Pour arrêter correctement le FIDAS, il convient d'utiliser d'abord le bouton rouge « SHUT DOWN » disponible sur l'écran principal dont un aperçu est donné sur la figure 3 ci-après. Lorsque l'écran s'éteint et que sa LED passe du vert au rouge, il est possible d'éteindre le FIDAS avec l'interrupteur situé en façade arrière.

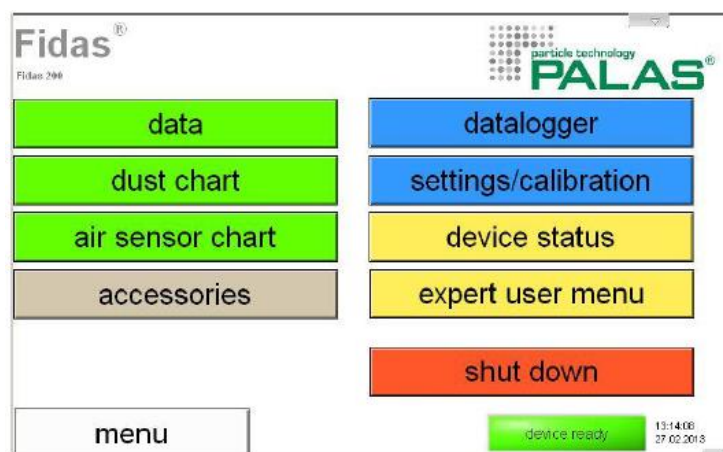


Figure 3 : vue de l'écran principal du FIDAS

2.5 TETE DE PRELEVEMENT

Le FIDAS doit être installé avec la tête de prélèvement TSP (Total Suspended particules) fournie avec l'instrument.

Etant donné son principe de fonctionnement (détection de la lumière diffusée par les aérosols pour déterminer leur taille et leur nombre par classe de taille), le FIDAS ne nécessite pas de coupure granulométrique en tête de ligne de prélèvement.

Par sa géométrie, la tête de prélèvement Sigma-2 permet de s'affranchir de la problématique du vent. Elle doit être positionnée en tête de la ligne de prélèvement.

2.6 SONDE METEOROLOGIQUE

Le FIDAS doit être utilisé avec l'une des deux sondes météorologiques fournies avec l'instrument.

La sonde météorologique WS300-UMB (figure 4) permet d'enregistrer température, pression et humidité relative ambiantes. La sonde WS600-UMB (figure 4), en option, permet de mesurer en plus la pluviométrie, la direction et la vitesse du vent.



Figure 4 : illustration de la sonde météorologique WS300-UMB (à gauche) et WS600-UMB (à droite)

L'utilisation d'une sonde météorologique permet d'une part l'ajustement en continu du chauffage de la ligne de prélèvement IADS en fonction des conditions de température et d'humidité ambiantes, ce qui permet de s'affranchir des problèmes de mesure liés à l'humidité. D'autre part, la mesure des paramètres de pression et de température sont indispensables pour le calcul du débit volumique de l'analyseur rapportés aux conditions ambiantes, et le calcul des concentrations massiques.

2.7 PARAMETRAGE DE LA LIGNE IADS

La ligne de prélèvement chauffée IADS (longueur de 1,2 m) possède trois modes de régulation : OFF ; remove volatile/moisture compensation (asservissement par la sonde météorologique) ; remove volatil/semi-volatil (chauffage au maximum).

Le mode de régulation à employer pour la surveillance réglementaire est : remove volatil/moisture compensation.

Ce réglage est accessible à partir du menu principal (cf. figure 3) par le bouton « accessories », puis par le sous-menu « IADS ».

2.8 ETAT DE L'INSTRUMENT EN FONCTIONNEMENT (DEVICE STATUS)

Sur l'écran principal du FIDAS (figure 3), un bouton « device ready » en bas à droite permet de voir l'état de fonctionnement de l'instrument : en vert, tous les paramètres de fonctionnement sont corrects ; en rouge, un ou plusieurs paramètres sont incorrects.

Dans le deuxième cas, les paramètres incorrects peuvent être affichés en appuyant sur le bouton « device status ».

Cette action permet d'accéder à un autre écran qui permet de visualiser les paramètres principaux du FIDAS 200 pour s'assurer rapidement de leur bon fonctionnement.

Chaque paramètre est associé à une borne de tolérance, associé à une marque verte (i.e. paramètre OK) ou une croix rouge en cas de dysfonctionnement (figure 5). Dans l'exemple illustré (figure 5), le défaut provient de la pompe.

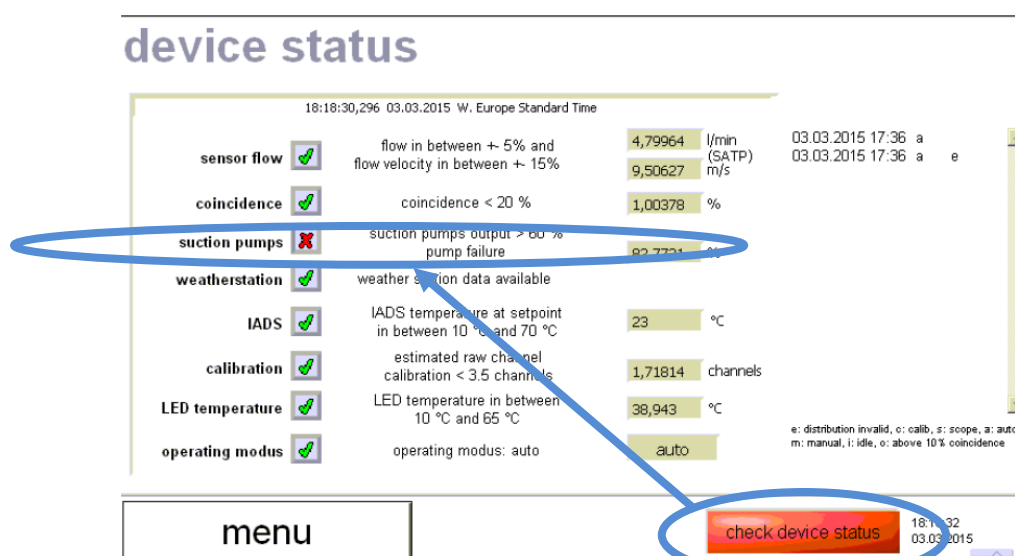


Figure 5 : exemple d'un dysfonctionnement d'un paramètre principal du FIDAS

2.9 ENREGISTREMENT DES DONNEES VIA LES STATIONS D'ACQUISITION DE MESURES.

Concernant les stations d'acquisition de mesures (SAM), il est possible de se référer directement à la documentation des constructeurs ISEO et FDE.

Au niveau des paramètres techniques pouvant être remontés via les SAM:

- débit : il est disponible en paramètre technique chez les deux constructeurs.
- concentration massique de la ou des fractions de matière particulaire étudiées : les SAM proposent selon la configuration de :

Numéro de mesure	Constituant
1	Cn en P/cm3
2	PM1 en µg/m3
3	PM2.5 en µg/m3
4	PM4 en µg/m3
5	PM10 en µg/m3
6	PM total en µg/m3

- température ambiante : les deux constructeurs permettent de remonter ce paramètre
- pression ambiante : les deux constructeurs permettent de remonter ce paramètre.

Les paramètres humidité relative (HR), température de la ligne IADS et VELOCITY peuvent être remontés à minima sur X'R.

2.10 SAUVEGARDE DES DONNEES : MENU DATA LOGGER

Le menu Data logger, accessible depuis l'écran principal (cf. figure 3), permet d'exporter les données sauvegardées par le FIDAS.

Les données au format constructeur (*.promo) peuvent être exportées à l'aide d'une clé USB et post-traitées à l'aide du logiciel PD_ANALYSE. Ce dernier permet notamment d'établir les distributions en taille de particules, en nombre et en concentration massique. Ainsi qu'à partir des données brutes, moyenner celles-ci selon différents pas de temps.

Pour cela, appuyer sur le bouton copy datafiles to D:\ (figure 6 ci-après).

Les données peuvent être également exportées au format texte (.txt) sur une clé USB, permettant de disposer de données minute, restreintes (ce fichier ne comporte que les données relatives aux fractions massiques et codes d'erreur éventuels). Le pas de temps n'est ajustable qu'en modifiant le fichier de configuration promo.ini.

Ces données minute sont la résultante de la moyenne quart-horaire glissante des mesures instantanées.

Pour activer la sauvegarde des données minute, dans le menu datalogger, il convient de s'assurer que la case « data saved textfile » est cochée (figure 6). Un fichier .txt mensuel est alors automatiquement créé. A noter que la sauvegarde sur une clé USB de ce format de données est automatique si celle-ci est insérée dans le port USB du FIDAS au démarrage de ce dernier.

Sinon il est possible de faire un export, via le menu datalogger, en appuyant sur le bouton copy textfiles to D:\ (figure 6).

Les en-têtes de colonne n'apparaissent pas dans le fichier brut lorsque ce dernier est ouvert dans un tableur. Ils sont détaillés dans l'annexe 1.

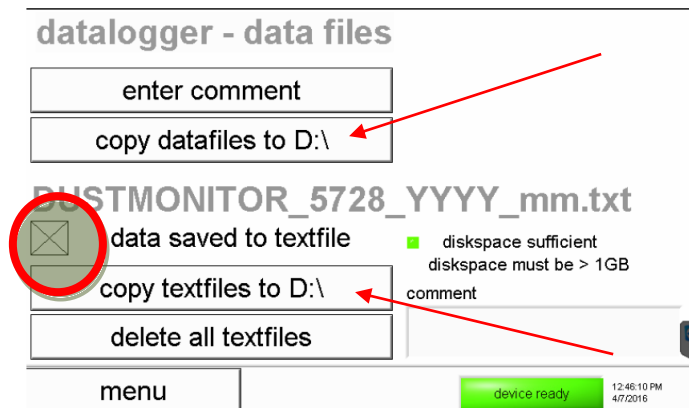


Figure 6 : activation du fichier .txt (pas de temps 1', par défaut)

2.11 MENU EXPERT

Le menu expert s'active à partir de l'écran principal (figure 3) en appuyant sur le bouton « expert user menu ». Il est protégé par un mot de passe qui est « -1 » (attention, taper d'abord 1 puis « - » sur le clavier qui apparaît sur l'écran).

Il permet d'accéder à des fonctionnalités avancées, notamment au sous-menu « interfaces » permettant la connexion du FIDAS à une station d'acquisition centralisée (figure 7).

La vitesse de communication entre le FIDAS et celle de la centrale d'acquisition doivent être identiques.

Remarque : par l'intermédiaire d'une connexion IP, il est possible de prendre la main à distance sur le FIDAS via le logiciel TEAMVIEWER.



Figure 7 : visualisation du menu expert

2.12 FILTRE DE COLLECTION

Un filtre de collection de diamètre 47 ou 50 mm peut être installé dans le porte-filtre situé sous la cellule de mesure afin de prélever les particules analysées par le FIDAS. Cela permet par exemple d'effectuer des analyses gravimétriques ou chimiques indicatives (figure 8).

Cependant, la présence de ce filtre n'est pas nécessaire au bon fonctionnement du FIDAS.



Figure 8 : porte-filtre en position ouverte sous la cellule de mesures

3. ENTRETIEN / MAINTENANCES / AUDITS POUR UN BON FONCTIONNEMENT SUR SITE

3.1 SYNTHESE DES ENTRETIENS, MAINTENANCES ET AUDITS

Le tableau 1 présente l'ensemble des entretiens et maintenances à réaliser ainsi que leur fréquence minimale, pour garantir un fonctionnement efficace du FIDAS.

Tableau 1 : Synthèse des entretiens, maintenance et audits

Entretien/maintenance/audits	Fréquence	Chapitre
Tête de prélèvement Ligne de prélèvement IADS	1 fois par an	3.2
Nettoyage cellule de mesures	1 fois par an	3.3
Nettoyage de la sonde météorologique	1 fois par an	3.4
Filtre de pompe	Si « suction pumps » $\geq 50\%A$	3.5
Pompe de prélèvement	Si « suction pumps » $\geq 80\%A$	3.6
Joints toriques	Une fois par an ou en cas de test de fuite non valide	3.7
Audit du bruit de fond électronique	3 mois	3.7.1
Audit de la vitesse d'écoulement	3 mois	3.7.2
Audit de la température ligne IADS	1 an	3.7.3

3.2 TETE DE PRELEVEMENT ET LIGNE DE PRELEVEMENT IADS

Un nettoyage conjoint de la tête de prélèvement et de la ligne IADS doit être réalisé une fois par an. Cette fréquence est établie d'après le retour d'expérience des campagnes de suivi d'équivalence.

Pour cela, enlever la tête de prélèvement de la ligne de prélèvement IADS. Retirer la vis située sur la partie inférieure de la tête de prélèvement. Découpler la base blanche du corps en acier de la tête Sigma-2 en dévissant les deux vis situées sur le côté de la tête. Nettoyer les différents éléments avec un chiffon et éventuellement de l'eau déminéralisée.

Une fois la tête de prélèvement Sigma-2 retirée, découpler la ligne IADS de la cellule de mesures. Le tube interne de la ligne de prélèvement chauffée IADS peut être nettoyé avec un chiffon doux, éventuellement avec de l'eau déminéralisée. Un contrôle visuel à travers la ligne de prélèvement permet de contrôler son nettoyage.

Une fois la ligne IADS nettoyée, procéder au contrôle de la réponse optique. Une fois le contrôle terminé, remonter la tête de prélèvement Sigma-2 puis la remettre en place sur la ligne de prélèvement IADS.

3.3 NETTOYAGE DE LA CELLULE DE MESURE

La fréquence de cette opération est annuelle.

Pour cela :

- retirer le bloc porte-filtre situé sous la cellule de détection (figure 9) ;



Figure 9 : retrait du porte-filtre sous la cellule de mesures

- après avoir ôté le tube d'entrée des aérosols de la cellule de mesures, retirer les deux vis situées sur la partie supérieure de la cellule de détection pour désolidariser la cuvette de la cellule de détection (figure 10);



Figure 10 : retrait du tube d'entrée des aérosols dans la cellule de mesures et retrait des vis de la cellule de mesures

ATTENTION : procéder avec précaution pour ne pas endommager les lentilles lors du retrait du tube d'échantillonnage

- nettoyer les lentilles de la cellule de détection. Il faut **impérativement** utiliser un chiffon de qualité optique (i.e. qui ne dépose de fibres) (figure 11) ;

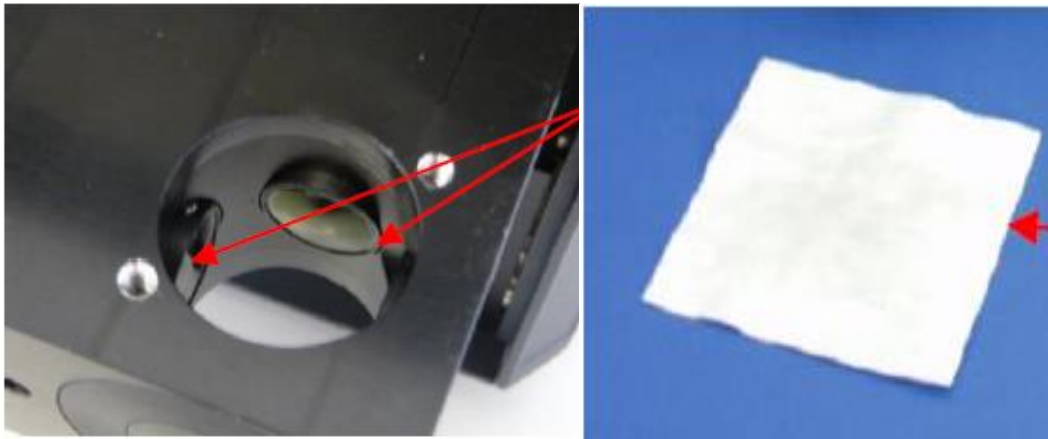


Figure 11 : illustration de la position des lentilles et exemple de chiffon adapté

- nettoyer l'autre partie, la cuvette (i.e. partie protégeant les lentilles) retirée préalablement à l'aide d'air comprimé propre et sec.

Le remontage s'effectue en effectuant les opérations de démontage dans l'ordre inverse.

3.4 NETTOYAGE DE LA SONDE METEOROLOGIQUE MULTI-PARAMETRES

Une fois par an, la sonde météorologique doit être nettoyée, au niveau des ailettes de protection (e.g. avec de l'eau, éventuellement savonneuse) et au niveau du ventilateur situé sous la sonde.

3.5 ECHANGE DU FILTRE DE POMPE

Le filtre de protection de la pompe se situe en face avant du FIDAS 200. Il doit être nettoyé ou changé dès que le courant de pompe dépasse 50%. A noter qu'un courant de pompe dépassant 60% génère un défaut de l'instrument.

Cette information est disponible dans le menu « device status » à partir de l'écran principal, item « suction pumps » (figure 12).

device status

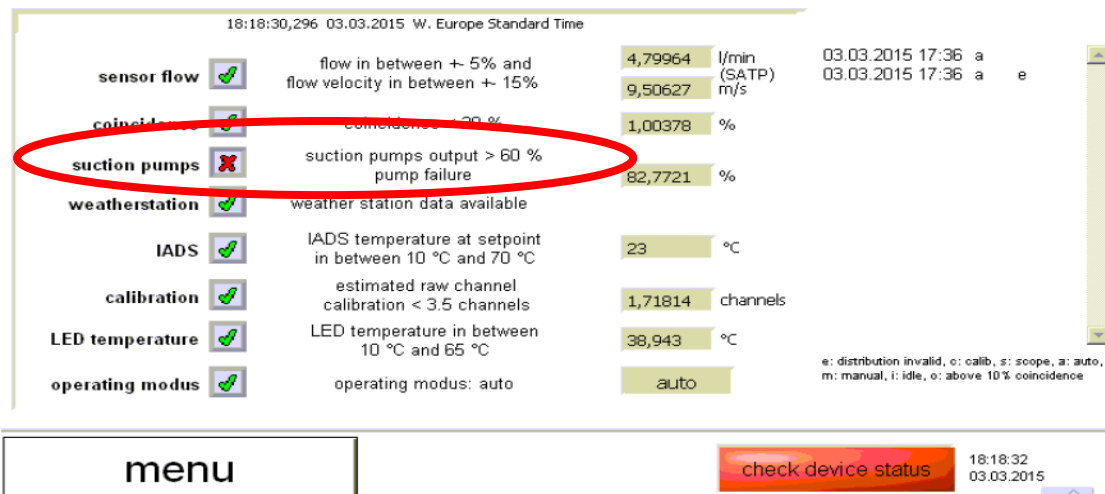


Figure 12 : écran des paramètres principaux du FIDAS

Pour cela, retirer la protection du filtre de pompe par rotation de celle-ci vers la gauche (figure 13).



Figure 13 : retrait de la protection du filtre de pompe

Le filtre est alors accessible (figure 14). Le retirer par la même méthode que la protection.

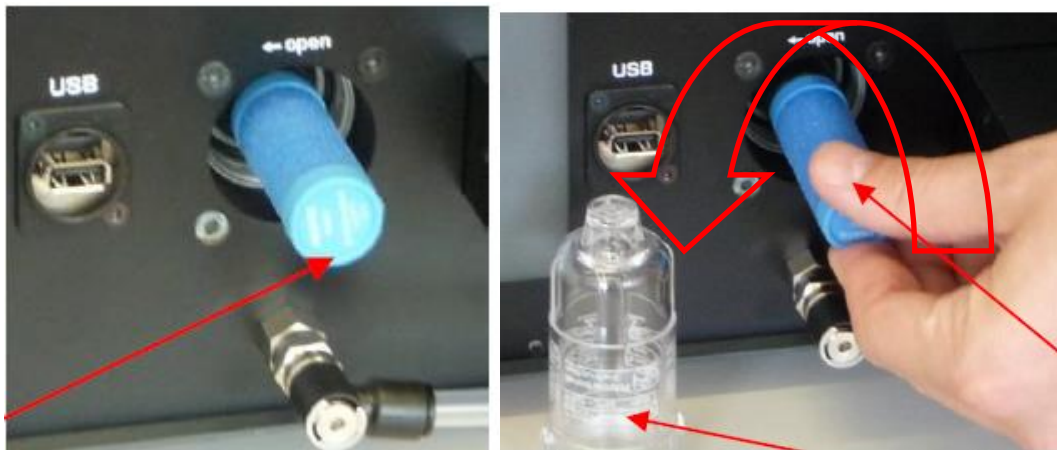


Figure 14 : accès et retrait du filtre de pompe

Procéder au nettoyage ou au remplacement du filtre. Remonter le tout en répétant les opérations dans l'ordre inverse à celui du démontage.

3.6 POMPE DE PRELEVEMENT

Le libellé « pompe de prélèvement » employé dans ce guide par analogie aux autres analyseurs automatiques de particules (AMS) correspond, dans le cas du FIDAS, à un module composé de deux pompes en parallèle qui assure le débit de l'instrument. Ce module doit être changé si la valeur, du courant de la pompe dépasse 80%. Cette information est disponible dans le menu « device status » à partir de l'écran principal (figure 3), item « suction pumps ». Si le courant de pompe est supérieur à 80%, la valeur sera associée à une erreur de l'analyseur (croix rouge à côté de la ligne d'affichage de ce paramètre et bouton check device status, couleur rouge (figure 12).

Les deux pompes étant fixées ensemble sur un même module, il n'est pas possible de n'en changer qu'une sur les deux. Le constructeur indique une durée de vie minimale de deux ans.

3.7 JOINTS TORIQUES

Une fois par an, il est nécessaire de contrôler l'état visuel des joints toriques. Un mauvais état de ces joints (e.g. craquelés, coupés) implique leur remplacement.

Si la réalisation d'un test de fuite donne un résultat négatif, les joints toriques doivent être changés avant de procéder à nouveau au test de fuite.

La figure 15 illustre les joints toriques présents dans le FIDAS.

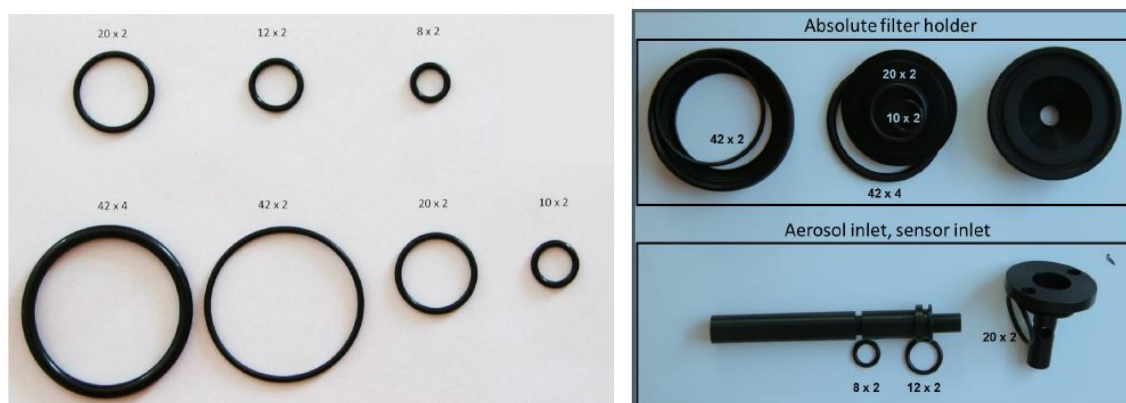


Figure 15 : illustration des joints toriques du FIDAS

3.8 AUDITS

Le type et la fréquence des audits exigés par le fournisseur afin de s'assurer du bon fonctionnement en routine du FIDAS sont récapitulés dans le tableau 1. L'audit de ces paramètres vient en sus de ceux exigés par la norme NF EN 16450. Ces derniers sont spécifiquement traités dans le chapitre QA/QC de ce guide (chapitre 4).

Tous les audits s'effectuent à une température ambiante, la plus stable possible, comprise entre +5 et +40°C, après un temps de préchauffage du FIDAS d'au moins une heure.

L'ensemble des audits présentés dans le tableau 1 doivent être effectués en respectant les intervalles de temps préconisés mais aussi à chaque installation du FIDAS sur site.

La réalisation de l'ensemble des audits nécessite préalablement de configurer le FIDAS en « mode calibration ».

Pour cela, aller dans le menu « settings / calibration » de l'écran principal (figure 3) puis « sensor calibration » dans le sous-menu qui s'affiche ensuite.

Un temps d'attente est nécessaire (i.e. 120 secondes minimum) afin que la ligne de prélèvement chauffée IADS atteigne 50°C et se stabilise (figure 16). Tant que cette consigne n'est pas atteinte, le bouton « continue with calibration », permettant l'accès aux différents tests, n'est pas accessible. A noter que les anciens systèmes se stabilisaient à une température de 35°C (figure 16).

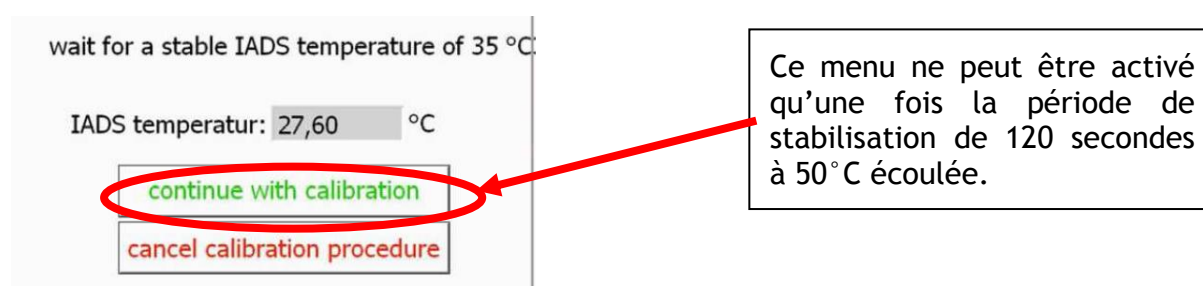


Figure 16 : écran d'attente avant l'accession à l'écran « audits »

Une fois la consigne atteinte et stabilisée, un nouvel écran est disponible, composé de deux graphiques, des boutons de commande et des champs d'information (figure 17).

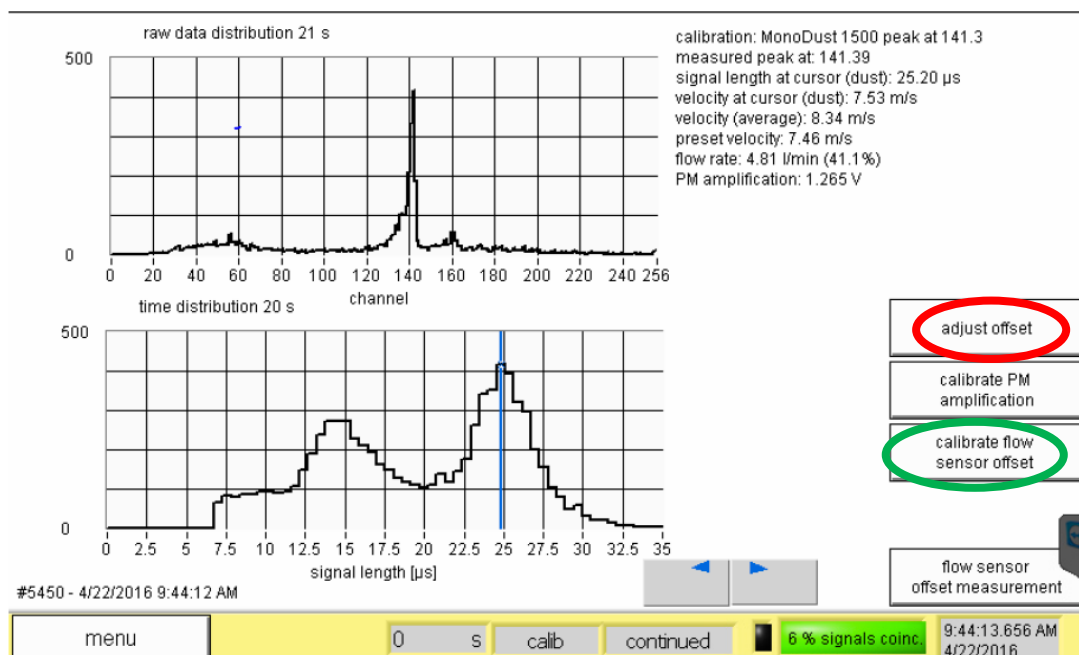


Figure 17 : écran permettant la réalisation des audits de routine du FIDAS

Une fois les audits terminés, il est important de vérifier que le FIDAS est en mode d'opération automatique « operation modus : auto » (figure 18). En effet, le temps de réaliser les audits, le FIDAS est dans le mode « calibration ».

device status

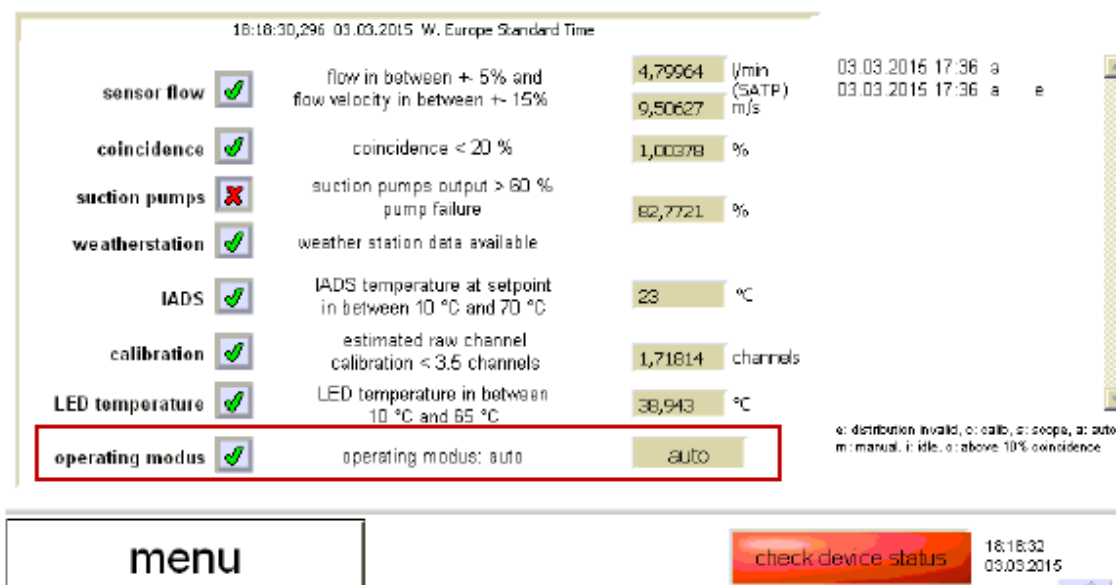


Figure 18 : vérification du mode AUTO du FIDAS

Si tel n'est pas le cas, il est nécessaire d'activer le menu expert (cf chapitre 2.11 du guide).

Appuyer sur le bouton « AUTO », puis, sur le bouton « FIDAS200 » pour revenir à l'écran principal (figure 19). Il est possible, à partir de l'écran principal (figure 3), en appuyant sur « device status » de faire à nouveau cette vérification (figure 18).

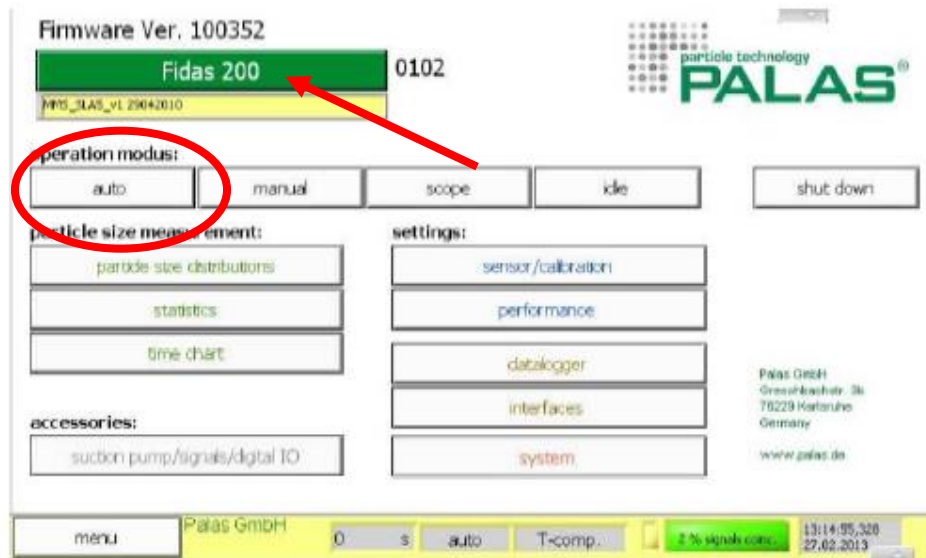


Figure 19 : mise en mode AUTO depuis l'écran expert

3.8.1 AUDIT DU BRUIT DE FOND ELECTRONIQUE

Ce test doit être réalisé à chaque installation puis tous les 3 mois. Celui-ci permet de réduire au maximum le bruit de fond électronique de l'analyseur. Il démarre en appuyant sur le bouton « adjust offset » (figure 17, bouton surligné en rouge) et dure environ 2 minutes. Il est géré automatiquement par l'instrument. (Figure 20).

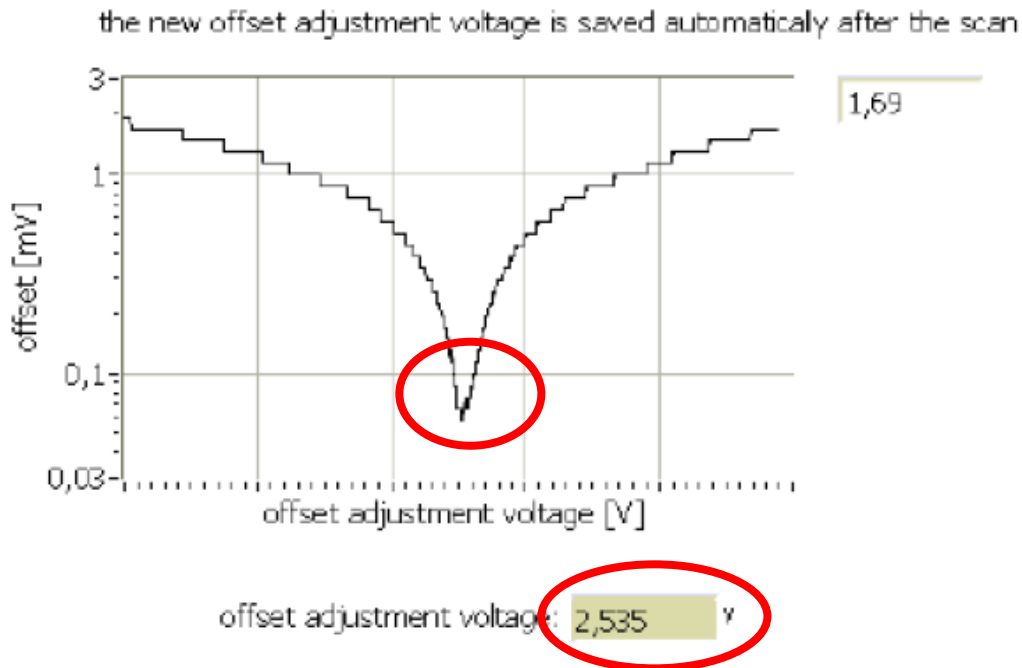


Figure 20 : illustration du déroulé du test du bruit électronique

A l'issue du test, la mesure de tension présentant le bruit de fond le plus faible (offset inférieur à 0,2 mV) doit être comprise entre 2 et 3 V.

Le FIDAS enregistre automatiquement la nouvelle valeur de l'offset trouvée lors de ce test. En cas de valeur hors seuil, contacter le revendeur.

3.8.2 AUDIT DE LA VITESSE D'ECOULEMENT

Ce test doit s'effectuer à chaque installation puis tous les 3 mois. Il peut être réalisé en même temps que la calibration de la réponse optique.

Lors de la détection des aérosols mono dispersés calibrés, le pointeur bleu du graphe des durées d'impulsion (i.e. graphique du bas de l'écran), doit, à l'aide des flèches bleues, être positionné, à l'endroit où le pic est maximal sur le graphique (figure 21).

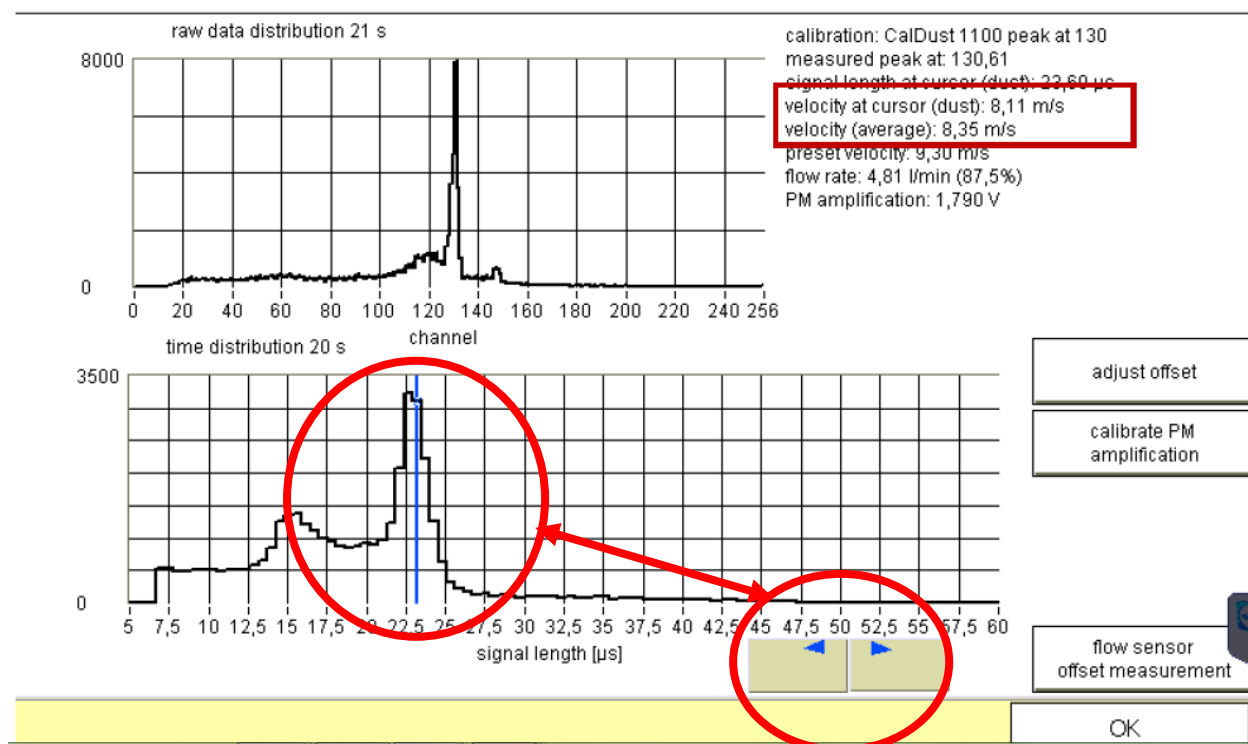


Figure 21 : aperçu de l'écran pour l'audit de la vitesse d'écoulement

L'écart entre les valeurs « *velocity cursor* » et « *velocity average* » ne doit pas dépasser 0,5m/s. Ces dernières doivent par ailleurs être significativement proches des valeurs d'usine, disponibles sur le certificat fourni par le constructeur.

Si l'écart avec les valeurs d'usine est plus important que 0,5m/s, alors il est nécessaire de réaliser un test de fuite. En cas de fuite constatée, remédier à celle-ci puis refaire le test. S'il n'y a pas de fuite ou si le deuxième test est négatif, contacter le revendeur.

3.8.3 AUDIT DE LA TEMPERATURE DE LA LIGNE DE PRELEVEMENT IADS

La ligne de prélèvement chauffée IADS est équipée d'une sonde de température Pt100. Cette sonde de température est utilisée pour ajuster la puissance de chauffe de la ligne de prélèvement afin de réguler l'humidité relative de l'échantillon.

La réponse de cette sonde de température doit être **vérifiée** chaque année. Cette vérification doit être effectuée dans un local protégé et régulé en température (e.g. station de mesures, laboratoire, ...). Pour cela, il faut démonter la ligne IADS. Puis arrêter le FIDAS. Ce de façon à laisser la température de la ligne IADS s'équilibrer avec la température ambiante du local.

Une fois cet équilibre de température atteint, le FIDAS doit être redémarré en ayant **préalablement** débranché le connecteur de la ligne IADS. Attendre le démarrage de l'analyseur et, dès que possible, aller dans le menu « Accessories -> IADS » pour suivre la température de la ligne de prélèvement chauffée IADS. Lorsque la ligne est débranchée la température affichée est de 318 °C. Il convient alors de rebrancher le connecteur de la ligne IADS et de comparer **immédiatement** la température de la ligne IADS avec un étalon de transfert (figure 22).

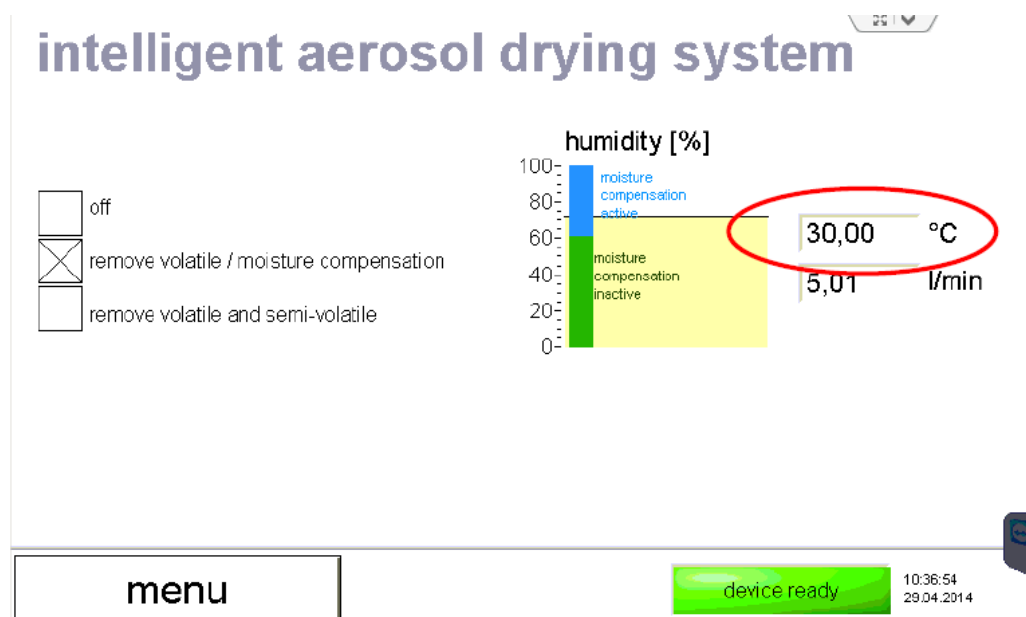


Figure 22 : visualisation de la température lue lors de la connexion de la ligne IADS Au FIDAS

La différence entre les températures ne doit pas dépasser 2°C. Sinon, la vérification n'est pas conforme. Contacter alors le revendeur.

4. ASSURANCE QUALITE / CONTROLES QUALITE DE LA NORME NF EN 16450

L'objectif de ce chapitre est de vérifier que les performances du FIDAS, tels que configuré/mis en œuvre avec l'exemple des recommandations ci-dessus respecte les exigences de la norme NF EN 16450.

Ainsi, le tableau 2 présente les contrôles métrologiques et étalonnages à réaliser ainsi que leurs fréquences minimales pour garantir un fonctionnement des FIDAS respectant les protocoles QA/QC imposés aux AMS par la norme NF EN 16450.

Les fréquences indiquées sont à appliquer pour tout FIDAS fonctionnant pour la surveillance réglementaire dans une station fixe ou dans son caisson extérieur étanche. Il conviendra d'adapter les fréquences de l'ensemble des contrôles présentés dans ce chapitre en fonction des actions curatives mises en place sur les instruments ainsi que sur ceux fonctionnant dans des moyens mobiles. L'ensemble des contrôles est à réaliser à chaque (ré)-installation.

Tableau 2 : Récapitulatif des critères et contrôles AQ/CQ à appliquer au FIDAS

Contrôles / Etalonnages	Fréquence	Lieu de réalisation Laboratoire/site	Exigences	Spécificité de l'étalon*	Chapitre du guide
Contrôle des capteurs de température, pression et humidité relative	3 mois	S	± 2 °C ± 1 kPa ± 5 % HR		4.1
Etalonnage des capteurs de température, pression et humidité relative	1 an	L/S		1,5 °C 0,5 kPa 3 % HR	4.1
Etanchéité du système (i.e. test de fuite)	1 an	S			4.2
Contrôle débit	3 mois	S	± 5%	2 %	4.3
Etalonnage débit	1 an	L/S		1 %	4.3
Blanc d'instrument	1 an	L/S	± 3 µg/m³		4.4
Contrôle réponse du système de mesure	Selon recommandation du fabricant et après réparation, mais au moins une fois par an	L/S	Comme spécifié par le fabricant		4.5

*niveau de confiance : 95%, k=2

4.1 CONTROLE ET ETALONNAGE DES CAPTEURS DE TEMPERATURE, PRESSION ET HUMIDITE RELATIVE

Ces grandeurs mesurées sont assurées par la sonde météorologiques du FIDAS. Il convient de comparer les valeurs de pression, température et hygrométrie selon la procédure du constructeur en utilisant des étalons de transfert. Ceux-ci doivent être raccordés aux étalons (inter)-nationaux de référence. Ces étalons de transfert doivent répondre aux spécifications d'incertitude présentées dans le tableau 2 (niveau de confiance : 95 %).

Le contrôle se fait en un point de mesure. Il suffit de comparer les valeurs lues sur les étalons de transfert aux valeurs mesurées par le FIDAS. Celles-ci sont accessibles dans le menu data (figure 23).

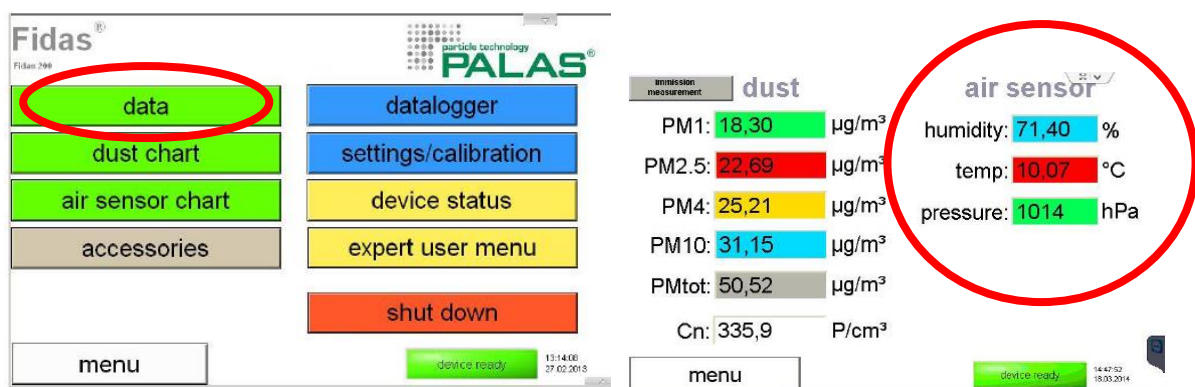


Figure 23 : menu data pour visualisation des données T, P et HR mesurées par le FIDAS

En cas de contrôle ne respectant pas l'exigence, il convient de procéder à un étalonnage

Pour effectuer un étalonnage il faut, **préalablement**, dans le menu « Accessories » puis « calibrate weather station », mettre les facteurs de la pente à 1 et de l'offset à 0 pour chaque grandeur (Température, Pression, Humidité). Il faut **impérativement** procéder à un arrêt et un redémarrage du FIDAS (cf chapitre 2.4 du guide) pour appliquer les changements (figure 24).

weatherstation calibration

	scale	offset
temperature:	1.00	0.00
pressure:	1.00	0.00
relative humidity:	1.00	0.00

value = scale x measured_value + offset

Changes take effect after restart only!

menu

device ready 4:24:45 PM 8/10/2016

Figure 24 : mise à zéro des paramètres de la station météo avant contrôle et étalonnage des capteurs Température, Pression et Humidité relative.

En comparant la réponse de la sonde météorologique avec un étalon pour chacun des paramètres (température, humidité relative et pression), **en un minimum de 3 points**, il est possible de calculer les nouveaux paramètres pente (scale) et d'offset à appliquer dans le menu « Accessories » puis « calibrate weather station » sous la forme :

$$\text{Valeur corrigée} = \text{« scale »} \times \text{mesure brute de la sonde} + \text{« offset »}$$

Il convient alors d'entrer les nouvelles valeurs des pentes et offset trouvées pour les 3 grandeurs dans l'écran adéquat (figure 24), puis de procéder, de nouveau, à un arrêt puis démarrage du FIDAS pour la prise en compte des nouveaux facteurs.

En cas d'étalonnage non conforme, procéder au remplacement de la sonde météorologique. Puis recommencer les opérations d'étalonnage.

Si l'étalonnage n'est toujours pas conforme, l'instrument ne doit plus être utilisé. Il est alors nécessaire de procéder à des investigations et/ou contacter le revendeur.

NB: Il est parfois difficile de pouvoir avoir 3 points distincts pour réaliser l'étalonnage. Par défaut le réaliser à minima en 1 point par comparaison à l'étalon de travail pour chaque grandeur et voir si le critère est respecté à savoir 1,5 °C pour la température, 0,5 kPa pour la pression et 3 % HR pour l'humidité relative. En cas de non-respect du critère l'instrument ne doit plus être utilisé. Il est alors nécessaire de procéder à des investigations et/ou contacter le revendeur.

4.2 ETANCHEITE DU SYSTEME

L'étanchéité du système (i.e. test de fuite interne) doit être effectué à chaque installation et, au moins, une fois par an.

A cet effet :

- Retirer préalablement la tête de prélèvement Sigma-2.
- Déterminer préalablement la valeur de l'offset de la pompe en appuyant sur le bouton « flow sensor offset measurement » (figure 25). Cet offset est exprimé en litres par minute (L/min).
- Dans un second temps, boucher l'entrée de l'échantillon au niveau de la tête de prélèvement IADS. Puis lire la valeur du débit « flow rate » (figure 25).

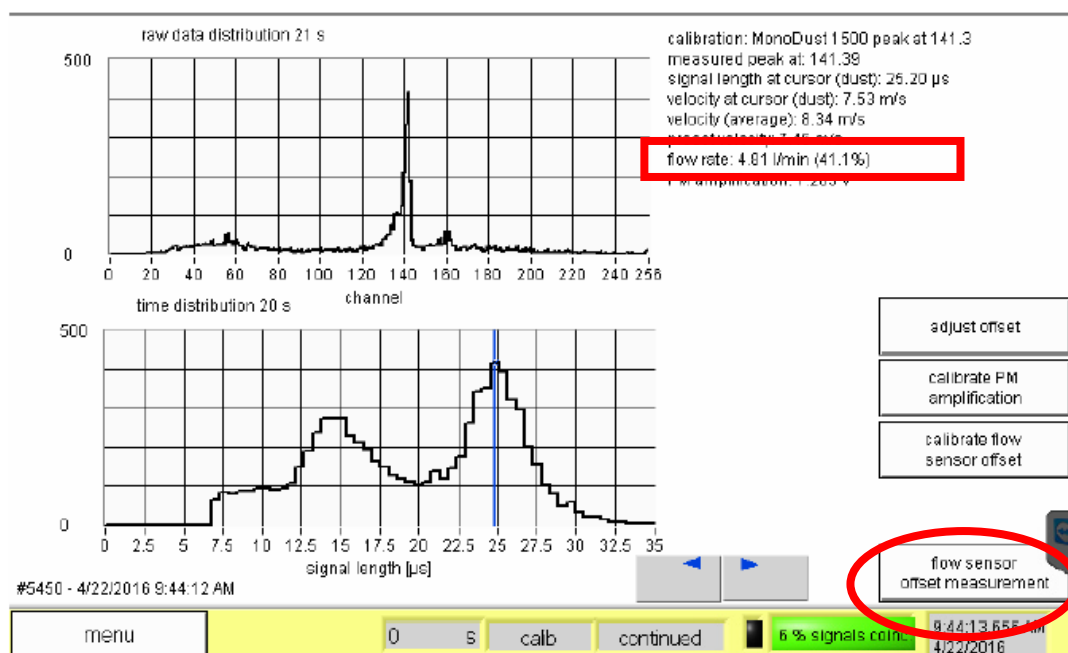


Figure 25 : audit des fuites internes du FIDAS (test de fuite)

La valeur du débit obtenue, ligne de prélèvement bouchée et déduction faite de l'offset préalablement déterminé, ne doit pas excéder 0,15 L/min.

En cas d'écart de plus de 0,15 L/min lors du test, les éventuelles fuites (e.g. joints toriques) doivent être recherchées.

Si ce test n'est pas conforme, l'instrument ne doit plus être utilisé. Il est alors nécessaire de procéder à des investigations et/ou une maintenance curative.

Une fois l'étanchéité du système contrôlée, remettre en place la tête de prélèvement Sigma-2.

4.3 CONTROLE ET ETALONNAGE DES DEBITS

Le débit doit être contrôlé selon la procédure du constructeur en utilisant des étalons de transfert. Ceux-ci doivent être raccordés aux étalons (inter)-nationaux de référence. Ces étalons de transfert doivent répondre aux spécifications d'incertitude présentées dans le tableau 3 (niveau de confiance : 95 %).

Pour le contrôle et l'étalonnage du débitmètre massique du FIDAS, il convient d'utiliser un étalon de travail de même nature ou de rapporter sa mesure aux conditions de température et de pression : 25°C et 1013 hPa.

Il convient de s'assurer que le débit de prélèvement est de $4,80 \pm 0,15$ L/min dans ces mêmes conditions d'après le constructeur.

En cas de contrôle non conforme, contrôler l'étanchéité du système. Si celle-ci n'est pas conforme, vérifier s'il faut nettoyer ou remplacer le filtre de protection de la pompe (voir chapitre 3.4 de ce guide).

Si au terme des actions précédentes, le contrôle n'est toujours pas conforme, il est nécessaire d'envisager une maintenance curative (e.g. changement de pompe)

Pour étalonner le FIDAS, il faut accéder au menu dédié.

Pour cela, depuis l'écran principal (figure 3), appuyer sur les touches suivantes : «settings/calibration», puis «sensor calibration » et « continue with calibration ». Enfin, appuyer sur le bouton « calibrate flow sensor offset » (cf figure 17, bouton surligné en vert).

Entrer la valeur mesurée par un débitmètre massique (figure 26) dans les conditions standard 25°C (degrés Celsius) et 1013 hPa (hectopascals) raccordé aux étalons de transfert.

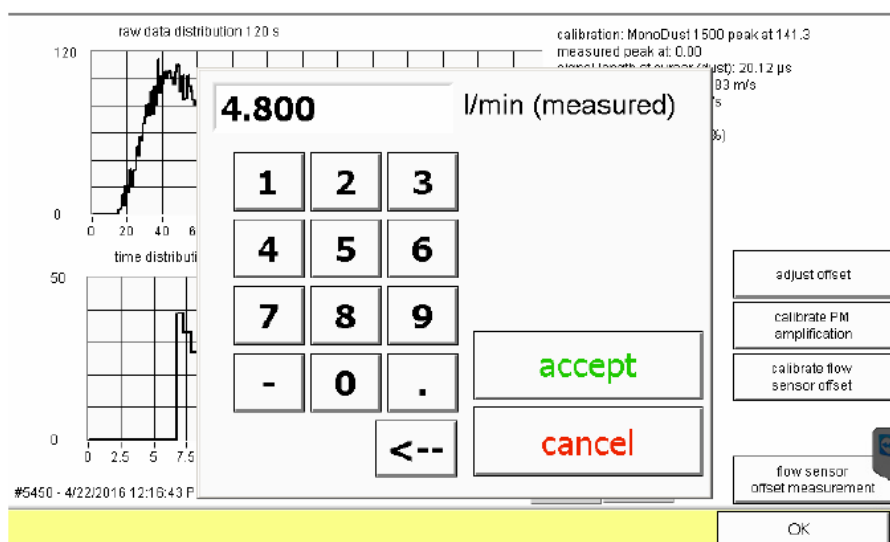


Figure 26 : écran de saisie du débit lu

Le logiciel interne du FIDAS calcule automatiquement le nouvel offset à appliquer pour obtenir un débit de 4,80 l/min dans les conditions standard 25°C (degrés Celsius) et 1013 hPa (hecto Pascals).

Effectuer un contrôle de débit.

En cas d'étalonnage non conforme, procéder à un changement de pompe.

Répéter les opérations d'étalonnage. Si ce dernier n'est pas conforme, l'instrument ne doit plus être utilisé. Contacter le revendeur.

4.4 BLANC D'INSTRUMENT

Le blanc d'instrument est réalisé par mise en place d'un filtre absolu HEPA en tête de la ligne de prélèvement. La durée du test doit être de trente minutes (30') minimum. Cette durée minimale permet de contrôler le blanc de l'instrument tant en nombre qu'en concentration massique de particules. En effet, les valeurs de concentration massique affichées sur l'écran du FIDAS sont le résultat d'un moyennage d'une durée minimum de trente minutes contre 1 minute pour les concentrations en nombre.

Le contrôle est conforme lorsque la concentration massique en particules sous air zéro particules ne dépasse pas $\pm 3 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Dans le cas contraire, il est nécessaire de contrôler l'étanchéité du système.

4.5 CONTROLE DU SYSTEME DE MESURE DU FIDAS

Le contrôle du système de mesure du FIDAS s'effectue avec des aérosols mono dispersés calibrés, fournis avec l'analyseur (i.e. PALAS MonoDust 1500).

Ceux-ci se présentent sous la forme d'une poudre blanche contenue dans un flacon à fermeture hermétique. Tout d'abord, il faut positionner un tuyau souple sur la partie supérieure de la ligne de prélèvement IADS en lieu et place de la tête Sigma-2. Puis, il convient de secouer la bouteille d'aérosols mono dispersés calibrés PALAS MonoDust 1500 afin de faire aspirer la suspension en sortie de flacon par le FIDAS à l'aide d'un tuyau souple (figure 27).

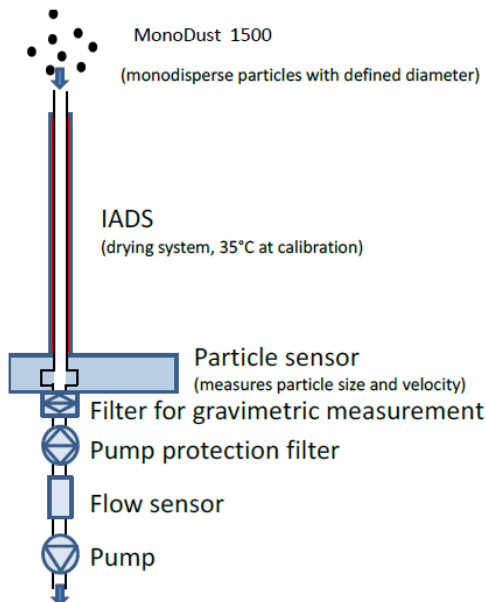


Figure 27 : audit de la réponse optique du FIDAS

ATTENTION : ne pas faire aspirer la poudre elle-même, seulement la suspension, même si elle n'est pas toujours visible.

Il convient d'ajuster, si nécessaire, la tension du photomultiplicateur en utilisant le bouton « calibrate PM amplification » (figure 28) jusqu'à ce que la valeur « measured peak at : XXX » corresponde à celle de l'aérosol mono dispersé calibré utilisé (i.e. canal brut 141,3 ± 0,5 pour le MonoDust 1500).

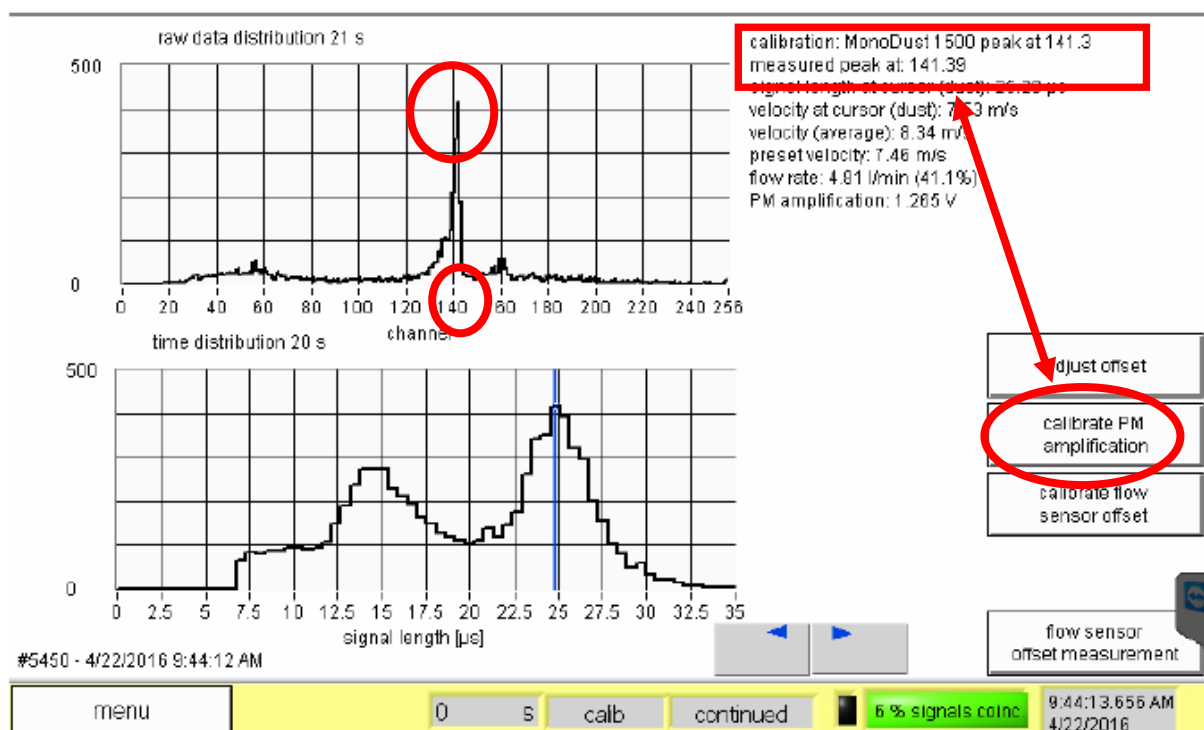


Figure 28: aperçu de l'écran lors de l'audit de la réponse optique

Note : étant donné le principe de fonctionnement optique du FIDAS, l'étalonnage de la mesure du diamètre (ici appelé « réponse optique ») est suffisant pour étalonner l'instrument. En effet, le FIDAS calcule la concentration massique des particules à partir d'une mesure de leur distribution en taille. L'extrapolation de la distribution en taille en une concentration massique ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) est issue d'un calcul qui prend en compte des densités moyennes des particules par classe de taille. Ces densités constituent un secret industriel et ne sont pas communiquées par le constructeur.

Ce sont des résultats de démonstration d'équivalence qui ont permis de vérifier les performances du FIDAS par rapport à la méthode de référence en fonction de différentes typologies de site (Rapport DRC-16-152339-03797A). Les méthodes d'étalonnage consistant à injecter des concentrations massiques connues de particules ne sont pas adaptées à cet instrument car ces particules ne sont pas représentatives de celles mesurées dans l'air ambiant.

Les résultats qui seront obtenus dans le cadre du suivi d'équivalence permettront de vérifier les performances du FIDAS dans le temps.

5. INCERTITUDE DE MESURE

Toute mesure effectuée par FIDAS doit pouvoir être associée à une incertitude. Pour cela, les AASQA doivent mettre en application les recommandations du LCSQA retranscrites dans la norme FD-X43-070-6¹ pour l'estimation des incertitudes de mesure

Des grandeurs d'entrée du modèle mathématique comme le débit de prélèvement, le blanc d'instrument et la réponse du système de mesure pour l'estimation de l'incertitude élargie d'une mesure réalisée par FIDAS peuvent être utilisées.

Dans le cadre de l'évaluation de l'incertitude liée à la réponse optique, l'impact d'une erreur constatée entre le diamètre des particules Monodust 1500 et le diamètre mesuré par le FIDAS a été étudiée par le constructeur². Ceci a été fait sur l'ancienne génération d'aérosol calibré (i.e. CalDust1100). Cependant, cette évaluation reste valable pour le Monodust 1500.

Dans le tableau 3, on y voit l'impact sur la détermination de la concentration massique des PM selon l'erreur, en nombre de canaux, faite (rappel de la tolérance lors du contrôle $\pm 0,5$ canal).

Tableau 3 : impact sur la détermination de la concentration massique des PM lors d'une erreur lors du contrôle de la réponse optique du FIDAS

	PM2,5		PM10	
channel shift	slope	offset	slope	offset
-3	1,086	0,03889	1,0877	0,0331
-2	1,056	0,025	1,057	0,012
-1	1,029	0,0122	1,028	0,048
0	1	0	1	0
1	0,973	-0,00785	0,976	-0,0047
2	0,945	-0,0197	0,947	0,038
3	0,918	-0,031	0,9224	0,083

Une erreur de -3 canaux (tableau 4) génère une sous-estimation de la taille des particules selon la relation suivante :

$$\begin{aligned} PM_{2,5_actual} &= 1.086 * PM_{2,5_hypothetical} + 0.03889 \\ PM_{10_actual} &= 1.0877 * PM_{10_hypothetical} + 0.0331. \end{aligned}$$

Avec comme conséquence une sous-estimation des concentrations massiques des PM_{2,5} de 1,086 et des PM₁₀ de 1,0877.

A noter que lors d'un strict ajustement du pic à 130 nm (pour le Caldust 1100) cela correspond à une estimation de concentration massique de 25 µg/m³ en PM_{2,5} et de 40 µg/m³ en PM₁₀, appliqué par le constructeur dans le réglage interne du FIDAS.

¹ FD-X43-070-6 : Qualité de l'air - Guide pratique pour l'estimation de l'incertitude de mesure des concentrations en polluants dans l'air ambiant - Partie 6 : estimation des incertitudes sur les concentrations massiques de particules mesurées en automatique, 2011.

² report 936/21218896/A by TÜV Rheinland with CalDust 1100 (Nominal value 130)

6. ANNEXES

Numéro	Titre	Nombre de pages
Annexe A	En-têtes de colonnes fichier données brutes	1

ANNEXE A

Columns A-L

Date	Time	Comment	PM1	PM2.5	PM4	PM10	PMtotal	Number Concentration	Humidity	Temperature	Pressure

Columns M-U

Flag for status parameters								
Flow	Coincidence	Pumps	Weather station	IADS	Calibration	LED	Operating mode	Device status

Columns V-AE

PM1	PM2.5	PM4	PM10	PMtotal	PM1_classic	PM2.5_classic	PM4_classic	PM10_classic	PMtotal_classic

Columns AF-AH

PMthoracic	PMalveo	PMrespirable

Columns AI-AO

Numerical values for status parameters						
Flowrate	Velocity	Coincidence	Pump_output	IADS_temperature	Raw channel deviation	LED temperature

Columns AP-AR

Temperature*	Humidity*	Pressure*

* only relevant, if optional sensor for temperature, rel. humidity and pressure is connected.



direction et secrétariat du LCSQA

INERIS - parc technologique Alata - BP 2 - F60550 Verneuil-en-Halatte
tél. 03 44 55 69 16 - www.lcsqa.org