






GUIDE POUR LE CONTROLE DES PARAMETRES CRITIQUES POUR LA MESURE DES ANALYSEURS AUTOMATIQUES DE PM

Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air

GUIDE POUR LE CONTROLE DES PARAMETRES CRITIQUES POUR LA MESURE DES ANALYSEURS AUTOMATIQUES DE PM

**Robin AUJAY et Tanguy AMODEO (Ineris)
François MATHE et Sabine CRUNAIRE (IMT Lille Douai)**

Novembre 2020

	Rédaction	Vérification	Approbation
NOM	Robin AUJAY Tanguy AMODEO	Caroline MARCHAND	Marc DURIF
Qualité	Technicien et Ingénieur au sein de l'Unité « Accompagnement à la SURveillance de la qualité de l'air et des eaux de surface (ASUR) » Direction des Risques Chroniques	Responsable de l'Unité « Accompagnement à la SURveillance de la qualité de l'air et des eaux de surface (ASUR) » Direction des Risques Chroniques	Responsable du Pôle « CARActérisation de l'environnement » Direction des Risques Chroniques
Visa			

LE LABORATOIRE CENTRAL DE SURVEILLANCE DE LA QUALITE 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. RESUME	8
2. REMERCIEMENTS ET COLLABORATIONS.....	9
3. INTRODUCTION.....	10
4. RAPPEL	11
5. RECOMMANDATIONS GENERALES.....	12
6. MICROBALANCES	15
6.1 Température	15
6.1.1 Identification du/des matériels de contrôle/étalonnage	15
6.1.2 Identification des points à contrôler.....	15
6.1.3 Préconisations et points de vigilance.....	16
6.2 Pression.....	18
6.2.1 Identification du/des matériels de contrôle/étalonnage	18
6.2.2 Identification des points à contrôler.....	18
6.2.3 Préconisations et points de vigilance.....	19
6.3 Humidité relative	20
6.3.1 Identification du/des matériels de contrôle/étalonnage	20
6.3.2 Identification des points à contrôler.....	20
6.3.3 Préconisations et points de vigilance.....	20
6.4 Débit.....	21
6.4.1 Identification du/des matériels de contrôle/étalonnage	21
6.4.2 Identification des points à contrôler.....	21
6.4.3 Préconisations et points de vigilance.....	22
7. JAUGES RADIOMETRIQUES (JAUGES BETA)	24
7.1 MP101M - ENVEA	24
7.1.1 Température	24
7.1.1.1 Identification du/des matériels de contrôle/étalonnage	24
7.1.1.2 Identification des points à contrôler	24
7.1.1.3 Préconisations et points de vigilance	25
7.1.2 Pression.....	27
7.1.2.1 Identification du/des matériels de contrôle/étalonnage	27

7.1.2.2	Identification des points à contrôler	27
7.1.2.3	Préconisations et points de vigilance	28
7.1.3	Humidité relative	28
7.1.3.1	Identification du/des matériels de contrôle/étalonnage	28
7.1.3.2	Identification des points à contrôler	28
7.1.3.3	Préconisations et points de vigilance	29
7.1.4	Débit.....	30
7.1.4.1	Identification du/des matériels de contrôle/étalonnage	30
7.1.4.2	Identification des points à contrôler	30
7.1.4.3	Préconisations et points de vigilance	30
7.2	BAM 1020.....	32
7.2.1	Température	32
7.2.1.1	Identification du/des matériels de contrôle/étalonnage	32
7.2.1.2	Identification des points à contrôler	32
7.2.1.3	Préconisations points de vigilance	33
7.2.2	Pression.....	35
7.2.2.1	Identification du/des matériels de contrôle/étalonnage	35
7.2.2.2	Identification des points à contrôler	35
7.2.2.3	Préconisations et points de vigilance	36
7.2.3	Humidité relative	36
7.2.3.1	Identification du/des matériels de contrôle/étalonnage	36
7.2.3.2	Identification des points à contrôler	37
7.2.3.3	Préconisations et points de vigilance	37
7.2.4	Débit.....	39
7.2.4.1	Identification du/des matériels de contrôle/étalonnage	39
7.2.4.2	Identification des points à contrôler	39
7.2.4.3	Préconisations et points de vigilance	39
8.	FIDAS.....	41
8.1	Température	41
8.1.1	Identification du/des matériels de contrôle/étalonnage	41
8.1.2	Identification des points à contrôler.....	41
8.1.3	Préconisations et points de vigilance.....	42
8.2	Pression.....	43
8.2.1	Identification du/des matériels de contrôle/étalonnage	43
8.2.2	Identification des points à contrôler.....	43
8.2.3	Préconisations et points de vigilance.....	44
8.3	Humidité relative	44

8.3.1	Identification du/des matériels de contrôle/étalonnage	44
8.3.2	Identification des points à contrôler.....	44
8.3.3	Préconisations et points de vigilance.....	45
8.4	Débit.....	45
8.4.1	Identification du/des matériels de contrôle/étalonnage	45
8.4.2	Identification des points à contrôler.....	46
8.4.3	Préconisations et points de vigilance.....	46
9.	CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES.....	47

1. RESUME

L'objectif du présent document est de compléter les exigences de la norme NF EN 16450 « Air ambiant - Systèmes automatisés de mesurage (AMS) de la concentration de matière particulaire (PM₁₀ ; PM_{2,5}) » d'avril 2017 concernant le contrôle des paramètres dits « critiques » (c'est-à-dire ayant une influence majeure sur le résultat de mesure). La norme privilégie la température ambiante, la pression ambiante, l'humidité relative ambiante et le débit total de prélèvement. Il s'agit essentiellement de recommandations (voire de points de vigilance essentiels) pour chaque type d'appareil de mesure automatique (AMS) utilisé par les Associations Agréées pour la Surveillance de la Qualité de l'Air (AASQA) pour la surveillance réglementaire des particules en suspension.

Si ce complément aux guides méthodologiques du RTN (Référentiel Technique National) s'appuie sur les critères d'exigence de la norme NF EN 16450, il est cependant possible de privilégier les exigences spécifiées par le constructeur pour les AMS déployés dans le réseau national de surveillance de la qualité de l'air avant la parution de cette norme. Pour certains AMS, le critère d'action fixé par le constructeur peut s'avérer moins exigeant que celui de la norme tout en permettant d'assurer a priori la bonne qualité des mesures. En effet, le suivi réalisé par le LCSQA de l'équivalence des AMS par rapport à la méthode gravimétrique de référence (selon la norme NF EN 12341 « Air ambiant - Méthode normalisée de mesurage gravimétrique pour la détermination de la concentration massique PM₁₀ ou PM_{2,5} de matière particulaire en suspension » en vigueur) permet de vérifier le respect de l'objectif de qualité des données qui en terme d'incertitude relative des AMS doit être $\leq 25\%$ au niveau de la valeur limite journalière (Tableau 1 du chapitre 7.2 de la norme NF EN 16450).

Ce document est intégré au RTN, les exigences associées se substituent à celles des guides méthodologiques spécifiques à chaque AMS dans l'attente de leur révision.

Les révisions à venir des guides méthodologiques spécifiques à chaque type d'AMS s'appuieront également sur le retour d'expérience des AASQA dans la mise en œuvre des présentes recommandations.

2. REMERCIEMENTS ET COLLABORATIONS

Le LCSQA remercie les Associations Agréées pour la Surveillance de la Qualité de l’Air (AASQA) pour leurs participations à l’élaboration de ce guide par leurs relectures, commentaires et apports à la version initiale. Il remercie également les fabricants et distributeurs de leurs contributions par leurs réponses aux questionnaires élaborés par le LCSQA servant de base au présent guide.

3. INTRODUCTION

La mesure réglementaire de la concentration massique des particules PM₁₀ et PM_{2,5} est exclusivement faite en France par voie automatique. A la date de rédaction du présent guide, les appareils reconnus conformes techniquement pour cet objectif (<https://www.lcsqa.org/fr/conformite-technique-appareils-mesure>) sont les systèmes automatisés de mesurage (AMS) suivants :

- Microbalances à variation de fréquence de marque américaine Thermo Scientific modèle 1400AB + FDMS 8500C et modèle 1405-F (appareils distribués en France par la société Ecomesure), sur tout type de site ;
- Jauges radiométriques (communément appelées « jauges bêta ») de marque française ENVEA modèle MP101M et de marque américaine Met One modèle BAM 1020 (appareil distribué en France par la société Envicontrol), sur tout type de site ;
- Granulomètre optique de marque allemande PALAS modèles FIDAS 200, 200S et 200E (appareil distribué en France par la société ADDAIR), uniquement pour site de type fond urbain et site de type rural.

L'utilisation de ces appareils dans le cadre réglementaire de la surveillance de la qualité de l'air est encadrée depuis 2017 par la norme NF EN 16450 « Air ambiant - Systèmes automatisés de mesurage (AMS) de la concentration de matière particulaire (PM₁₀ ; PM_{2,5}) ». Cette norme est inscrite dans le Référentiel Technique National¹ et les AASQA doivent suivre les prescriptions relatives à sa mise en œuvre opérationnelle (contrôle qualité en continu). Dans la mesure où le texte couvre plusieurs techniques usuelles, les exigences portent sur le contrôle de paramètres jugés « critiques pour la mesure » communs à ces techniques (température / pression / humidité relative ambiantes et débit total) et fixent des périodicités et des critères d'action sans réelle distinction de ces techniques. De plus, les outils demandés pour ces contrôles (thermomètre, baromètre, hygromètre, débitmètre) ne sont définis dans la norme que par leur performance métrologique en termes d'incertitude d'étalonnage et de mesure. Enfin, aucune précision n'est apportée en ce qui concerne les procédures opératoires qui restent générales, sans distinction selon la technique de mesure.

Outre l'élaboration de guides méthodologiques spécifiques à chaque type d'appareil, les travaux précédents du LCSQA² ont permis de recenser les outils usuellement utilisés en AASQA ou proposés par les fabricants/distributeurs, ainsi que les modes opératoires associés avec des recommandations spécifiques le cas échéant afin de réaliser ces contrôles.

¹ Téléchargeable sur <https://www.lcsqa.org/fr/referentiel-technique-national>

² Notes techniques « Exigences de la norme NF EN 16450 concernant le suivi de paramètres critiques dans la détermination de la concentration massique de particules dans l'air ambiant : retour d'expérience (2016) », « Impact des exigences de la norme NF EN 16450 concernant la mesure de paramètres dits « critiques (2017) » et « Evaluation des débitmètres disponibles sur le marché pour le contrôle des AMS PM (2018) »

L'objectif du présent document est de compléter le texte normatif par des recommandations voire des points de vigilance incontournables pour le contrôle des paramètres dits « critiques » (c'est-à-dire d'influence majeure sur le résultat de mesure) pour chaque type d'appareil de mesure automatique utilisé en AASQA. Si certaines recommandations sont communes à l'ensemble des analyseurs automatiques, chaque appareillage fait l'objet de prescriptions qui lui sont propres. Ce document est destiné à être un recueil d'informations qui seront utilisées dans le cadre de la révision des guides méthodologiques du Référentiel Technique National (RTN).

4. RAPPEL

En préambule, est rappelée la définition du terme “vérification” selon le guide Vocabulaire international de métrologie – Concepts fondamentaux et généraux et termes associés (VIM), version corrigée de la 3e édition, éditée en 2012 par les membres du JCGM (Joint Committee for Guides in Metrology).

Ce guide peut être consulté sur le site internet du BIPM (Bureau International des Poids et Mesures) : <https://www.bipm.org/fr/publications/guides/vim.html>

Vérification (extrait VIM) : fourniture de preuves tangibles qu'une entité donnée satisfait à des exigences spécifiées.

NOTE 3 : Les exigences spécifiées peuvent être, par exemple, les spécifications d'un fabricant.

NOTE 5 : Il convient de ne pas confondre la vérification avec l'étalonnage. Toute vérification n'est pas une validation.

Dans le paragraphe 8.4 “contrôle qualité en continu” de la norme NF EN 16450 Air ambiant - Systèmes automatisés de mesurage de la concentration de matière particulaire (PM₁₀ ; PM_{2,5}), le terme de « contrôle » est préféré à celui de « vérification » au sens du VIM.

Par analogie à cette norme et aux guides méthodologiques des analyseurs automatiques de particules (AMS) dans l'air ambiant déjà publiés, le terme “contrôle” sera utilisé dans ce guide. Pour rappel, un contrôle n'est pas une validation mais une action assujettie à un critère d'acceptation qui, en cas de non-respect, aboutit à une action corrective (exemple : étalonnage, ajustage de paramètre...).

5. RECOMMANDATIONS GENERALES

La norme NF EN 16450 « Air ambiant - Systèmes automatisés de Mesurage (AMS) de la concentration de matière particulaire (PM₁₀ ; PM_{2,5}) » (parue le 29 avril 2017) encadre l'utilisation des AMS pour la mesure de la concentration de matière particulaire PM₁₀ et PM_{2,5}. Elle contient les exigences de performances minimales et les modes opératoires d'essais en laboratoire et sur site qui doivent être réalisés pour l'approbation des types d'AMS, ainsi que les exigences minimales concernant les contrôles qualités des AMS déployés sur site. Elle détaille entre autres les modes opératoires de maintenance, d'étalonnage, de vérification et de contrôle. Le Tableau 1 résume les exigences techniques de la NF EN 16450 relatives aux paramètres critiques pour le contrôle du bon fonctionnement d'un analyseur automatique de particules (AMS) pour la mesure réglementaire en air ambiant.

Tableau 1: Exigences techniques de la norme NF EN 16450 concernant les opérations d'étalonnage, de contrôle et de maintenance relatifs aux AMS

Type d'opération	Paramètre concerné	Fréquence minimale	Localisation : Labo (L) / Site (S)	Critères de l'action*	Exigences sur l'incertitude concernant les étalons de transfert
Contrôle	Capteur de température	Trimestriellement	S	± 2 °C	
	Capteur de pression			± 1 kPa	
	Capteur d'humidité relative			± 5 % HR	
	Capteur de débit			± 5 %	2 %
Etalonnage	Capteur de température	Annuellement	L / S		1,5 °C
	Capteur de pression				0,5 kPa
	Capteur d'humidité relative				3 % HR
	Capteur de débit				1%
Entretien régulier des composants de l'AMS		Comme requis par le fabricant	L / S	Comme spécifié par le fabricant	

* En référence aux valeurs nominales.

Il est à noter que les exigences du constructeur peuvent être utilisées en lieu et place de celles définies dans le Tableau 1 notamment pour les AMS déployés dans le réseau national de surveillance de la qualité de l'air avant la parution de la norme NF EN 16450 (29 avril 2017). Le critère de l'action fixé par le constructeur, même s'il s'avère moins exigeant que celui de la norme, est alors privilégié, le suivi d'équivalence des AMS par rapport à la méthode gravimétrique de référence définie dans la norme NF EN 12341, réalisé périodiquement par le LCSQA permet alors de vérifier le respect des exigences réglementaires.

La fréquence des contrôles et des étalonnages indiqués dans le Tableau 1 peut être allégée lorsqu'il existe un historique suffisant permettant de démontrer le maintien du respect des exigences spécifiées. Néanmoins, dans la mesure du possible, la périodicité trimestrielle est recommandée ; celle-ci est à synchroniser avec le changement de saison car ce dernier induit généralement une variation notable des conditions environnementales ambiantes.

Pour certains instruments, il n'est pas possible d'effectuer ces contrôles et ces étalonnages in situ en raison de l'emplacement des capteurs à l'intérieur de l'AMS. Par conséquent, ces contrôles et ces étalonnages sont limités aux capteurs qui sont accessibles sur site (en général, au niveau de la tête de prélèvement) et pour lesquels les opérations correspondantes n'induisent pas un risque de dysfonctionnement e.g. fuite. Les contrôles peuvent être effectués, dans le cadre du contrôle annuel, dans une enceinte de laboratoire ou dans des conditions ambiantes maîtrisées, e.g. laboratoire de métrologie, à température et humidité relative stables, en comparant les relevés des capteurs (après stabilisation) aux relevés obtenus avec les étalons de référence.

Le débit fait partie des paramètres critiques au même titre que la température, la pression et l'humidité relative, au sens de la norme NF EN 16450. Les opérations de contrôle et d'étalonnage du débit ne peuvent être réalisées que si le contrôle préalable de l'étanchéité du système de prélèvement est conforme (critère d'action fixé par le constructeur ou, en l'absence de ce dernier, ± 2 % fixé par la norme). Le Tableau 2 indique les débitmètres couramment utilisés au sein des AASQA ou par les distributeurs des analyseurs automatiques de particules (AMS-PM) qui ont fait l'objet de tests lors de travaux réalisés par le LCSQA³.

³R. Aujay et al. (2020) "Evaluation des débitmètres disponibles sur le marché pour le contrôle des AMS PM". Note technique LCSQA INERIS-DRC-18-174282-07414A.

Tableau 2 : Moyens mis en œuvre par les AASQA et recommandés par les fabricants/distributeurs pour le suivi QA/QC (assurance qualité / contrôle qualité) du débit des AMS PM

Principe de mesure	Fabricant / Distributeur	Modèle de débitmètre	Type d'AMS PM concerné
Débitmètre à effet Venturi	Fabricant : BGI Distributeurs français : Ecomesure/ADDAIR/Envicontrol	TETRACAL	tous
		ULTRACAL	tous
		DELTACAL	tous
	TECORA	FLOWCAL	tous
Débitmètre à piston	DRYCAL	BIOS DC2M	tous
	Fabricant MesaLabs / Distributeur Mesa France	BIOS DEFENDER 510 PLATRON	tous
Débitmètre massique	Fabricant ALICAT / distributeur OMICRON Technologies	ALICAT M-20SL/MIN-D	tous

La liste des débitmètres fournie au Tableau 2 n'est pas exhaustive mais est néanmoins représentative des différentes techniques de mesure de débit couramment disponibles sur le marché (effet Venturi, piston et débitmètre massique). Cependant, si un autre débitmètre devait être utilisé (modèle ou principe de mesure autres que ceux listés ci-dessus), l'utilisateur devra en vérifier la bonne adéquation avec l'exigence de la norme à savoir que l'incertitude relative élargie du débitmètre étalon de transfert ($k=2$) doit être ≤ 2 % pour les contrôles et ≤ 1 % pour les étalonnages.

À la suite des travaux menés précédemment par le LCSQA, les recommandations générales suivantes peuvent être appliquées :

- un conditionnement en température du débitmètre "étalon de transfert" (aux conditions de mesure sur site que ce soit au niveau de la tête de prélèvement ou de l'instrument en station) doit être fait avant utilisation ;
- le diamètre du tuyau reliant l'analyseur automatique de particules à contrôler et le débitmètre devra être choisi afin d'assurer un raccord étanche ;
- basé sur les résultats obtenus avec le débitmètre TETRACAL, l'usage de tuyau en PVC armé pour la mesure de débit par effet Venturi est à proscrire.

6. MICROBALANCES

Ce chapitre couvre tous les types de microbalance à variation de fréquence fabriquées par Thermo Scientific, c'est-à-dire les modèles TEOM 1400AB avec modules 8500 C et les modèles 1405-F. En effet, si le design et l'interface ont changé entre les modèles « anciennes générations » (1400 AB et module 8500 C) et le modèle actuellement commercialisé (1405-F), le principe de fonctionnement et les caractéristiques des deux appareils restent identiques.

Les recommandations suivantes s'appliquent pour les appareils dénommés « TEOM-FDMS 1400AB et module 8500C » dont la version du firmware est inférieure ou égale à 3.500 ainsi que pour les TEOM-FDMS dénommés "1405-F" dont la version du firmware est inférieure ou égale à 1.56.

Pour toute nouvelle version d'appareil, il conviendra :

- de se référer à la liste des appareils déclarés conformes sur le plan technique ;
- de vérifier la faisabilité technique des modes opératoires fournis ;
- de s'assurer de la compatibilité technique des outils associés.

6.1 Température

6.1.1 Identification du/des matériels de contrôle/étalonnage

Tout matériel permettant la mesure de la température dont les caractéristiques répondent aux exigences relatives aux étalons de transfert figurant dans le

Tableau 1 du guide convient.

6.1.2 Identification des points à contrôler

Cinq capteurs de température ont été identifiés ci-dessous comme "critiques" c'est-à-dire influençant la mesure de la concentration massique des particules dans l'air ambiant. Les exigences de la norme NF EN 16450 s'appliquent uniquement pour la mesure de température ambiante. Pour les quatre autres températures, les exigences du constructeur doivent s'appliquer.

Le Tableau 3 présente la périodicité ainsi que le critère d'action préconisé pour le paramètre température ambiante, en accord avec les prescriptions du Tableau 1. Une variation de la température ambiante impacte les volumes d'air prélevés donc la concentration massique mesurée de particules.

Tableau 3 : Exigences concernant la mesure de la température ambiante

Paramètre	Périodicité	§ associé	Critère d'action
Température ambiante (T_{ambiante})	- contrôle (sur site) : trimestrielle - étalonnage (sur site ou laboratoire) : annuelle	§ 6.1.3	$ T_{\text{ambiante}} - T_{\text{référence}} \leq 2^{\circ} \text{C}$

Le Tableau 4 présente les autres températures, avec les exigences “constructeur” associées, pour lesquelles un suivi doit être réalisé au moins pendant les contrôles trimestriels en station ; un suivi peut être aussi réalisé lors des visites de maintenance.

Tableau 4 : Exigences concernant la mesure de températures considérées “critiques” par le constructeur

Localisation du paramètre	Libellé paramètre	§ associé	Consigne à respecter
Température air échantillonné au niveau de la ligne chauffée	Air Temp	§ 6.1.3	Température régulée à $30,0 \pm 0,1^{\circ}\text{C}$
Température au niveau de la microbalance	Case Temp		
Température au-dessus de la microbalance	Cap Temp		
Température du filtre de l'effet Peltier	Cooler Temp		Température régulée à $4,0 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ Température régulée à $10,0 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ dans les milieux tropicaux*

* exigence modifiée pour éviter les phénomènes de condensation dus aux conditions rencontrées dans les DROM notamment en cas de très forte humidité.

6.1.3 Préconisations et points de vigilance

Il convient de contrôler tous les 3 mois ou d'étalonner une fois par an le **capteur de température** ambiante des TEOM-FDMS. L'étalonnage de ce capteur nécessite impérativement d'être précédé de l'étalonnage de la carte analogique pour les TEOM-FDMS 1400AB et module 8500C et via le menu dédié pour les TEOM-FDMS 1405-F. Seul le capteur de température ambiante peut être étalonné.

Le contrôle et l'étalonnage se font avec un instrument en fonctionnement nominal, c'est-à-dire au moins une demi-heure de fonctionnement en mode 4 pour les TEOM-FDMS 1400AB et module 8500C ou en mode "fully operational" pour les TEOM 1405-F.

Le Tableau 5 indique le processus à utiliser avec chaque type de TEOM-FDMS pour réaliser le contrôle et étalonnage des capteurs de température.

Tableau 5 : Méthode de réalisation des contrôles et étalonnages des capteurs de température

Action	TEOM-FDMS 1400AB et module 8500C	TEOM-FDMS 1405-F
Contrôle	Utiliser le menu step « screen / setup Temp/flows ». Vérifier les valeurs de température indiquées	Utiliser le menu « Service/Verification/Instrument audit »
Etalonnage	Ajuster avec les potentiomètres adéquats	Ajuster en tapant la valeur dans le menu « Service/Calibration/Ambient calibration »

En cas de contrôle de la température ambiante, contrôler que l'écart entre la mesure du TEOM-FDMS et celle du thermomètre étalon de transfert est inférieur ou égal à 2°C. Le contrôle est conforme si l'écart entre la mesure de l'étalon de transfert et la mesure de l'instrument est ≤ 2 degrés Celsius. Si le contrôle est non conforme, il convient alors de réaliser un étalonnage.

En cas d'étalonnage de la température ambiante, ajuster la valeur du TEOM-FDMS à celle mesurée par le thermomètre étalon de transfert. En cas d'étalonnage non conforme, remplacer la sonde de température ambiante. Si le problème persiste, il faut alors contacter le constructeur ou son revendeur.

Dans le cadre d'un contrôle ou d'un étalonnage sur site, une mesure en air ambiant est réalisée en mettant à proximité du capteur du TEOM-FDMS un thermomètre étalon de transfert, après démontage de la protection extérieure de la sonde de paramètres météorologiques. Il convient de réaliser cette mesure en évitant les interférences telles que le rayonnement solaire, rafales de vent, pluie, ..., empêchant d'obtenir une mesure stable sur le thermomètre étalon de transfert.

En cas de contrôle ou d'étalonnage au laboratoire, procéder de même.

Il convient également de contrôler en fonctionnement courant i.e. lors des visites de maintenance sur site ou lors des contrôles trimestriels la **température de l'air échantillonné** au niveau de la ligne chauffée (Air Temp), la **température au niveau de la microbalance** (Case Temp) et la **température au-dessus de la microbalance** (Cap Temp). Il s'agit là d'un suivi du bon fonctionnement de ces capteurs en vérifiant que leur régulation en température est conforme à la prescription indiquée dans le Tableau 4. En effet, leur étalonnage n'est pas possible. Ces trois températures doivent être régulées à $30,0 \pm 0,1^\circ\text{C}$. Toute mesure de température se situant hors de cette plage de régulation entraîne une invalidation de la mesure de la concentration massique. Il convient de vérifier l'état de la thermistance et autres éléments (e.g. éléments isolants). Si le problème persiste, il faut alors contacter le constructeur ou son revendeur.

De même, la **température du filtre de l'effet Peltier** est à contrôler, en fonctionnement courant i.e. lors des visites de maintenance sur site ou lors des contrôles trimestriels. Elle doit être régulée à $4,0 \pm 0,5^\circ\text{C}$ ⁴. Toute mesure de température non valide par rapport à ce critère entraîne une invalidation de la mesure de la concentration massique. En cas de non-respect du critère, vérifier le bon fonctionnement de la thermistance ou de la pompe à chaleur de l'effet Peltier. Le dysfonctionnement de la première provoque une prise du bloc filtre en givre, la seconde, une incapacité à faire baisser la température vers la consigne en température dans le bloc filtre. Il faut changer alors l'élément défectueux et vérifier ensuite que le problème est résolu.

Enfin, le constructeur recommande de faire une purge de l'effet Peltier au minimum une fois par an. Cependant, issu du retour d'expérience du suivi d'équivalence des AMS, il est recommandé de réaliser la purge du Peltier tous les 6 mois s'il est constaté un impact sur la mesure de la concentration massique des « semi-volatils » d'un TEOM-FDMS par rapport à ceux d'une même zone géographique. Si aucun impact n'est constaté sur cette mesure, il est possible de passer cette fréquence à un an.

6.2 Pression

6.2.1 Identification du/des matériels de contrôle/étalonnage

Tout matériel permettant la mesure de pression ambiante dont les caractéristiques répondent aux exigences relatives aux étalons de transfert figurant dans le Tableau 1 du guide convient.

6.2.2 Identification des points à contrôler

Ce paramètre est critique au sens de la norme NF EN 16450 car toute variation de la pression ambiante impacte les volumes d'air prélevés donc la concentration massique mesurée de particules. Les exigences de la norme NF EN 16450 s'appliquent ainsi pour la mesure de pression ambiante.

⁴ Exigence modifiée à $10,0 \pm 0,5^\circ\text{C}$ pour éviter les phénomènes de condensation dus aux conditions rencontrées dans les DROM, notamment en cas de très forte humidité.

Il convient de contrôler tous les 3 mois ou étalonner une fois par an la pression ambiante des TEOM-FDMS. Le critère d'action figurant dans le Tableau 6 est celui de la norme (cf Tableau 1), converti dans les unités usuellement utilisées dans l'utilisation des TEOM-FDMS.

Tableau 6: Exigences concernant la mesure de la pression ambiante

Paramètre	Périodicité	§ associé	Critère d'action
Pression ambiante (P_{ambiante})	- contrôle (sur site) : trimestrielle - étalonnage (sur site ou laboratoire) : annuelle	§ 6.2.3	$ P_{\text{ambiante}} - P_{\text{référence}} \leq 7,5 \text{ mm Hg}$ ou à 0,01 atm

6.2.3 Préconisations et points de vigilance

L'étalonnage du capteur de pression ambiante nécessite impérativement d'être précédé de l'étalonnage de la carte analogique pour les TEOM-FDMS 1400AB et module 8500C et via le menu dédié pour les TEOM-FDMS 1405-F.

Le contrôle et l'étalonnage se font avec un instrument en fonctionnement nominal. C'est-à-dire au moins une demi-heure de fonctionnement en mode 4 pour les TEOM-FDMS 1400AB +8500C ou en mode "fully operational" pour les TEOM-FDMS 1405-F.

Le Tableau 7 indique le processus à utiliser avec chaque type de TEOM-FDMS pour réaliser le contrôle et l'étalonnage du capteur de pression ambiante.

Tableau 7 : Méthode de réalisation des contrôles et étalonnages des capteurs de température des TEOM-FDMS

Action	TEOM-FDMS 1400AB Et module 8500C	TEOM-FDMS 1405-F
Contrôle	« menu step screen/ setup Temp/flows ». Vérifier la valeur de P indiquée.	Utiliser le Menu « Service/Verification/Instrument »
Etalonnage	Ajuster avec les potentiomètres adéquats	Ajuster en tapant la valeur dans le Menu « Service/Calibration/Ambient calibration »

La réalisation de cette mesure ne nécessite pas de précautions particulières dans sa mise en œuvre.

En cas de contrôle de la pression ambiante, contrôler que l'écart entre la mesure du TEOM-FDMS et celle du capteur de pression étalon de transfert est inférieur ou égal à 7,5 millimètres de mercure (mm Hg) ou 0,01 atmosphère (ATM)⁵.

En cas d'étalonnage de la pression ambiante, ajuster la valeur du TEOM-FDMS à celle mesurée par le capteur de pression étalon de transfert.

En cas d'étalonnage non conforme, remplacer la sonde de pression ambiante. Si le problème persiste, il faut contacter le constructeur ou son revendeur.

6.3 Humidité relative

6.3.1 Identification du/des matériels de contrôle/étalonnage

Le contrôle de ce paramètre ne nécessite pas de matériel spécifique.

6.3.2 Identification des points à contrôler

Les mesures d'humidité relative amont et aval du sécheur sont des paramètres critiques identifiés par le fournisseur qui associe des tolérances spécifiques reprises dans le "Guide méthodologique pour la surveillance des PM₁₀ et PM_{2,5} par TEOM-FDMS dans l'air ambiant". Le respect de ces tolérances garantit le bon fonctionnement du sécheur des TEOM-FDMS. Le contrôle se fait par la lecture directe sur l'interface de l'instrument ou par remontée dans les paramètres techniques via les stations automatiques d'acquisition de données. Leur étalonnage n'est pas permis par le logiciel de l'appareil.

Il convient de contrôler que la mesure de l'humidité relative aval du sécheur (Sample dew), exprimée en point de rosée (°C), respecte la recommandation du "Guide méthodologique pour la surveillance des PM₁₀ et PM_{2,5} par TEOM-FDMS dans l'air ambiant", soit < -4°C.

6.3.3 Préconisations et points de vigilance

Le suivi de la température du point de rosée échantillon (Sample dew) lors de la validation des données et la mise en place des actions nécessaires selon les seuils définis dans le "Guide méthodologique pour la surveillance des PM₁₀ et PM_{2,5} par TEOM-FDMS dans l'air ambiant", résumés dans le Tableau 8 permettent de s'assurer du bon fonctionnement du sécheur.

⁵ Ceci est la conversion dans les unités usuellement utilisées par les TEOM-FDMS du critère du

Tableau 1, exprimé en kPa. Pour mémoire, l'atmosphère normale correspond à la pression atmosphérique moyenne mesurée au niveau moyen de la mer à la latitude de Paris (1 atm = 101 325 Pa = 1 013,25 hPa = 1 013,25 mbar = 1,013 bar = 760 mmHg = 29,9 inHg).

Tableau 8 : Seuils de surveillance pour le suivi des températures de point de rosée échantillon sur les TEOM-FDMS

Critère sur la température de point de rosée du sécheur	
- 6°C	Seuil d'avertissement
- 4°C	Seuil d'action

Lorsque cette condition n'est plus respectée, l'efficacité du sécheur n'est plus suffisante pour assurer la mesure. Il convient alors de contrôler la dépression de la pompe (Tableau 9) ou de procéder au remplacement du sécheur, conformément aux recommandations du "Guide méthodologique pour la surveillance des PM₁₀ et PM_{2,5} par TEOM-FDMS dans l'air ambiant".

Tableau 9 : Seuils recommandés pour la dépression du système

Critère d'action	TEOM-FDMS 1400AB et module 8500 C	TEOM-FDMS 1405-F
Dépression du système	≤ -20 inHg	≤ 0,33 atm

Le suivi de la différence entre les températures de point de rosée ambiant et échantillon est également un indicateur du bon fonctionnement du sécheur. En dehors des périodes de grand froid, une différence de 10°C entre les deux températures de point de rosée doit être respectée.

6.4 Débit

6.4.1 Identification du/des matériels de contrôle/étalonnage

Tout débitmètre conforme aux exigences figurant dans le Tableau 1 du guide convient.

6.4.2 Identification des points à contrôler

Trois mesures de débit ont été identifiées comme "critiques". La régulation est assurée sur deux débits : débit principal (« Main flow ») et débit auxiliaire (« Bypass » ou « auxiliary flow »), qui assure le complément d'air au niveau de la tête de prélèvement. Leur bonne régulation assure un débit total permettant à la tête de prélèvement de respecter le seuil de coupure granulométrique. Les résultats des contrôles de ces 3 débits doivent respecter les critères définis par la norme, rappelés dans le Tableau 10. Seuls les régulateurs de débit massiques régulant le débit principal et le débit auxiliaire peuvent être étalonnés en cas de contrôle non conforme.

Tableau 10 : Exigences concernant la mesure de débit

Paramètre	Périodicité	§ associé	Critère d'action
Débit total (16,7 L/min) *	- contrôle (sur site) : trimestrielle	§ 6.4.3	± 5 %
Débit principal (3 L/min)	- contrôle (sur site) : trimestrielle - étalonnage (sur site ou laboratoire) : annuelle		
Débit auxiliaire (13,67 L/min)	- contrôle (sur site) : trimestrielle - étalonnage (sur site ou laboratoire) : annuelle		

* à noter que le respect des 16,7 L/min se fait au travers des contrôles/étalonnages conformes du débit principal et débit auxiliaire.

6.4.3 Préconisations et points de vigilance

Les contrôles et étalonnages de débit sur site doivent inclure toute la ligne d'échantillonnage des TEOM-FDMS, dont le Flow-splitter et l'insert PM_{2,5} inclus lors de la mesure de débit, si celui-ci est utilisé. Ces actions ne peuvent être réalisées que si le **contrôle d'étanchéité** a été effectué et est conforme à l'exigence du Tableau 11. La « méthode des 10% » dite aussi « méthode basse pression » permet de détecter d'éventuelles micro-fuites. Elle est réalisée avec adjonction d'une micro-vanne à pointeau placée à l'entrée de l'adaptateur de débit. Le débit est mesuré une première fois, tel que. Puis la micro-vanne est fermée de telle façon que l'indicateur de la charge du filtre de collection augmente de 10%. Le débit est mesuré à nouveau. Il ne doit pas varier de plus de 0,03 L/min pour que le contrôle soit conforme. Dans le cas contraire, il convient de procéder à la recherche de fuites. Toute autre méthode employée pour réaliser le contrôle de l'étanchéité peut être utilisée tant que son efficacité est similaire par rapport à la méthode décrite précédemment.

Tableau 11 : Exigence et périodicité du contrôle d'étanchéité des TEOM-FDMS

Contrôle	Périodicité	Exigence minimale à satisfaire	Consigne constructeur
Etanchéité du système	- contrôle (sur site) : annuelle	Augmentation du débit < 0,03 L/min après application de la méthode des 10%	Étalon de travail avec une résolution d'affichage de 0,01 L/min

La température de fonctionnement du débitmètre, au moment de la mesure du débit sur site, doit être la plus proche possible de la température ambiante, que ce soit au niveau de la tête de prélèvement ou de l'instrument. Le diamètre du tuyau assurant la jonction entre la ligne de prélèvement et le débitmètre doit être choisi de manière à garantir une bonne étanchéité. Ces opérations de mesures de débit sur site ne peuvent pas être réalisées en cas d'averses de pluie et ce afin d'éviter toute entrée d'eau dans la ligne de prélèvement et de préserver l'intégrité du débitmètre. Sauf si des protections adaptées contre la pluie sont disponibles et permettent une mesure de débit préservant tant le matériel que la ligne de prélèvement, en évitant toute entrée d'eau dans celle-ci. En cas de contrôle, il convient de vérifier que toutes les mesures de débit réalisées avec un débitmètre étalon de transfert respectent les critères du Tableau 10. En cas de contrôle non conforme, procéder à l'étalonnage des débits de l'instrument.

L'étalonnage des débits sur site ou en laboratoire doit être effectué **uniquement** après avoir réalisé ceux de la carte analogique pour les TEOM-FDMS 1400AB et module 8500C et via le menu dédié pour les TEOM-FDMS 1405-F, ainsi que ceux des sondes de température et pression ambiantes, selon la procédure du constructeur. Les mêmes précautions que celles décrites précédemment en matière de protection en cas de pluie doivent être appliquées si l'étalonnage est réalisé sur site. Pour l'étalonnage, sur les TEOM-FDMS type 1400 AB et module 8500 C, il s'agira d'agir physiquement sur les cartes électroniques gérant les régulateurs de débitmètres massiques via l'ajustage des potentiomètres; pour les TEOM-FDMS type 1405-F, les valeurs mesurées avec le débitmètre étalon de transfert sont introduites numériquement via le logiciel interne en tapant celles-ci au clavier dans le menu dédié « Service/Calibration/Flow calibration », le logiciel calculant automatiquement le facteur de correction à appliquer à l'issue de cette procédure.

En cas d'étalonnage non conforme, vérifier si la dépression de la pompe est suffisante. Si non, procéder à la maintenance de la pompe. Si oui, procéder au changement du ou des régulateurs de débitmètres massiques éventuellement défectueux.

7. JAUGES RADIOMETRIQUES (JAUGES BETA)

Actuellement, 2 types de jauges radiométriques (ou « jauges bêta ») sont utilisés sur le sol français pour la mesure réglementaire des PM₁₀ et PM_{2,5} : le modèle MP101M d'ENVEA (anciennement Environnement SA) et le modèle BAM 1020 de Met One. Le principe de mesure est identique pour ces 2 appareils. Il s'agit d'une mesure d'absorption de rayonnement électromagnétique émis par une source scellée de carbone 14 de faible intensité. Les appareils ne se distinguent que par la mise en œuvre de la technique, induisant des différences sur certains paramètres de fonctionnement et leur utilisation. Il convient de respecter les recommandations générales énoncées au § 5.

7.1 MP101M - ENVEA

Les recommandations suivantes s'appliquent pour les appareils dénommés « MP101M » dont le numéro de série est inférieur à 8000 et pour les versions de software allant de « 2.0.b » à « 3.8.c ».

Pour toute nouvelle version d'appareil, il conviendra :

- de se référer à la liste des appareils déclarés conformes sur le plan technique ;
- de vérifier la faisabilité technique des modes opératoires fournis ;
- de s'assurer de la compatibilité technique des outils associés.

L'ensemble des opérations suivantes peut être menée indifféremment en laboratoire ou sur site, sous réserves du respect des servitudes d'utilisation fixées par le fabricant.

7.1.1 Température

7.1.1.1 Identification du/des matériels de contrôle/étalonnage

Il convient d'utiliser un thermomètre de référence respectant les exigences relatives aux étalons de transfert figurant dans le

Tableau 1 du présent document.

7.1.1.2 Identification des points à contrôler

Trois capteurs de température ont été identifiés ci-dessous comme « critiques » : température ambiante, température de la ligne de prélèvement (RST) et température au niveau du système de détection (filtre). Les exigences de la norme NF EN 16450 s'appliquent uniquement pour la mesure de la température ambiante (T_{ambiante}) et de la température au niveau de la ligne RST ($T_{\text{tête}}$).

Pour la température de l'air près du détecteur (lame d'air) désignée par « T_{filtre} », les exigences du constructeur doivent s'appliquer notamment car cette mesure rentre dans le cas décrit par la norme concernant les capteurs pour lesquels il n'est pas possible d'effectuer un contrôle et un étalonnage in situ en raison de la position du capteur à l'intérieur de l'appareil (cf. point 3 du § 7.1.1.3).

Le Tableau 12 présente la périodicité ainsi que le critère d'action préconisé pour les paramètres température ambiante et température au niveau de la ligne RST, en accord avec les prescriptions du Tableau 1.

Tableau 12: Exigences concernant la mesure de température

Paramètre	Périodicité	§ associé	Critère d'action
Température ambiante (T _{ambiante})	- contrôle : trimestrielle - étalonnage : annuelle	§ 7.1.1.3	$ T_{\text{ambiante}} - T_{\text{référence}} \leq 2^{\circ} \text{C}$
Température au niveau de la ligne RST (T _{tête})	- contrôle : trimestrielle - étalonnage : annuelle		<p>Pour la mesure des PM₁₀ :</p> <p>☛ Si HR_{ambiante} ≤ 60 % : T_{tête} ≈ T_{ambiante} et $T_{\text{tête}} - T_{\text{référence}} \leq 2^{\circ} \text{C}$</p> <p>☛ Si HR_{ambiante} > 60 % : T_{tête} ≈ T_{ambiante} + 5°C (+10°C*) et $T_{\text{tête}} - T_{\text{référence}} \leq 7^{\circ} \text{C (+12°C*)}$</p> <p>Pour la mesure des PM_{2,5} :</p> <p>☛ Si HR_{ambiante} ≤ 75 % : T_{tête} ≈ T_{ambiante} et $T_{\text{tête}} - T_{\text{référence}} \leq 2^{\circ} \text{C}$</p> <p>☛ Si HR_{ambiante} > 75 %* : T_{tête} ≈ T_{ambiante} + 5°C (+10°C*) et $T_{\text{tête}} - T_{\text{référence}} \leq 7^{\circ} \text{C (+12°C*)}$</p>

* exigence adaptée aux conditions rencontrées dans les DROM pour éviter les phénomènes de condensation, notamment en cas de très forte humidité.

7.1.1.3 Préconisations et points de vigilance

Pour le contrôle et l'étalonnage, la fonction « RST » doit être activée.

1) T_{ambiante}

☛ Pour le contrôle, relever la valeur de la température ambiante extérieure sur le thermomètre de référence (T_{référence})

- Aller dans le menu « Calibration » → sous-menu « Fonction RST » → sous-menu « Ecran 2 » et relever la valeur T_{ambiante} du capteur « Température atmos. »

Le critère d'action du Tableau 12 doit être respecté. Dans le cas contraire, il convient de réétalonner le capteur de température ambiante extérieure

▀ L'étape d'étalonnage nécessite au minimum 2 heures de fonctionnement en continu. Le capteur de référence pour la température atmosphérique doit être installé sur le site à proximité du capteur « Température atmos. ». Il convient d'enregistrer les données issues de l'étalon de transfert pour la comparaison avec les données de la jauge.

Il convient également de s'assurer que la plage de variation de la température ambiante extérieure est au moins de l'ordre de 10°C sur la période de fonctionnement. Les spécifications du constructeur et les recommandations du Guide national s'appliquent.

Lors du changement de capteur de température ambiante, il convient de tenir compte des informations mentionnées dans le rapport d'étalonnage du capteur neuf pour la mise à jour dans la jauge des informations associées.

2) T_{tête}

Dans la mesure du possible, dans le cadre d'une opération de contrôle (et d'étalonnage le cas échéant) sur site, il convient de désinstaller la ligne RST.

▀ Pour le contrôle, il convient de procéder de la manière suivante :

- En cas de désinstallation de la ligne RST, cette dernière doit être placée à proximité du MP101M. Il peut être nécessaire attendre 15 min après désinstallation avant de réaliser le contrôle voire le réétalonnage (afin que les pièces mécaniques de la ligne se stabilisent en température).

- La ligne RST doit être correctement reliée électriquement au MP101M par ses câbles, la fonction RST doit être activée.

- Relever la valeur de la température sur le thermomètre de référence placé à proximité de la ligne de prélèvement.

- aller dans le menu « Calibration » → sous-menu « Fonction RST » → sous-menu « Ecran 2 » et contrôler la valeur affichée pour le capteur « Température tête ».

Le critère d'action du Tableau 12 doit être respecté. Dans le cas contraire, il convient de réétalonner le capteur « Température tête ».

Afin de limiter le risque de fuite à la suite du démontage de la ligne RST, le contrôle du capteur de température pourra être effectué à partir de l'examen, selon une fréquence rapprochée (ex : quotidiennement), de la cohérence des profils chronologiques (synchronicité, amplitude, etc...) du capteur de la jauge et d'une mesure alternative (ex : sur le site ou sur les stations météorologiques de l'AASQA). Les contrôles QA/QC de la mesure alternative seront documentés.

▀ L'étape d'étalonnage nécessite au minimum 2 heures de fonctionnement en continu. Le capteur de référence pour la température atmosphérique doit être installé sur le site à proximité du capteur « Température atmos. ». Il convient d'enregistrer les données issues du capteur de référence pour la comparaison avec les données de la jauge.

Il convient également de s'assurer que la plage de variation de la température ambiante extérieure est au moins de l'ordre de 10°C sur la période de fonctionnement. Les spécifications du constructeur et les recommandations du Guide national s'appliquent.

3) T_{filtre}

Le capteur est encastré dans une pièce mécanique du bloc plateau et par conséquent s'avère non démontable, rendant tout contrôle et étalonnage impossible. Il convient de rappeler que la mesure de cette température en valeur absolue n'est pas critique car c'est sa variation entre la mesure de blanc et la mesure après prélèvement qui est utilisée pour le calcul de concentration. L'impossibilité de réétalonner le capteur n'est pas critique, l'étalonnage initial par le constructeur est suffisant pour le bon fonctionnement de la jauge et il convient de se référer à l'auto-diagnostic intégré dans l'appareil (alarme sur T_{filtre} en cas de défaillance du capteur).

Il est conseillé d'ajouter T_{filtre} en canal de mesure pour observer les valeurs. En général, ces valeurs doivent être « proches » de celles de $T_{\text{tête}}$ ($\leq 1,5^{\circ}\text{C}$ en se basant sur des valeurs moyennes – exemple : plusieurs heures) compte tenu de l'inertie thermique due à l'emplacement du capteur).

7.1.2 Pression

7.1.2.1 Identification du/des matériels de contrôle/étalonnage

Il convient d'utiliser un baromètre de référence respectant les exigences relatives aux étalons de transfert figurant dans le Tableau 1 du présent document.

7.1.2.2 Identification des points à contrôler

2 mesures de pression ont été identifiées comme « critique » au sens de la norme NF EN 16450 : la pression atmosphérique ambiante ($P_{\text{atmosphérique}}$) et les pressions associées au système de régulation de débit (P_{amont} dite " P_1 " et P_{aval} dite " P_2 ").

Les capteurs de mesure associés sont donc à surveiller.

Le Tableau 13 présente la périodicité ainsi que le critère d'action (à la suite du contrôle) préconisés par le fabricant et en accord avec les prescriptions du Tableau 1 :

Tableau 13 : Exigences concernant la mesure de pression

Paramètre	Périodicité minimale en maintenance préventive	§ associé	Critère d'action
Pression atmosphérique ambiante ($P_{\text{atmosphérique}}$)	- contrôle : trimestrielle - étalonnage : annuelle	§ 7.1.2.3	$ P_{\text{atmosphérique}} - P_{\text{référence}} \leq 10$ mbar
Pressions du système de régulation de débit (P_{amont} , P_{aval})			$ P_{\text{amont}} - P_{\text{référence}} \leq 10$ mbar $ P_{\text{aval}} - P_{\text{référence}} \leq 10$ mbar

Toute intervention au niveau des pressions du système de régulation de débit implique un contrôle du débit de prélèvement de l'appareil (cf. §7.1.4.3).

7.1.2.3 Préconisations et points de vigilance

La pompe doit être arrêtée lors des opérations de contrôle et d'étalonnage

▀ Pour le contrôle :

- Relever la pression atmosphérique ($P_{référence}$) sur le baromètre de référence
- Aller dans le menu « CALIBRATION » → sous-menu « Pressions »
- Relever la valeur de chaque pression ($P_{atmosphérique}$, P_{amont} , P_{aval})
- Pour chacun des paramètres ($P_{atmosphérique}$, P_{amont} et P_{aval}), le critère d'action du Tableau 13 doit être respecté. Dans le cas contraire, il convient de réétalonner le capteur associé

▀ Pour l'étalonnage :

Les spécifications du constructeur et les recommandations du Guide national s'appliquent.

Les coefficients A et B pour ces trois capteurs de pression ne sont pas forcément identiques.

7.1.3 Humidité relative

7.1.3.1 Identification du/des matériels de contrôle/étalonnage

Il convient d'utiliser un hygromètre de référence respectant les exigences relatives aux étalons de transfert figurant dans le Tableau 1 du présent document.

7.1.3.2 Identification des points à contrôler

Une mesure d'humidité relative a été identifiée comme « critique » au sens de la norme NF EN 16450 : l'humidité relative ambiante ($HR_{ambiante}$).

Le capteur associé est donc à surveiller.

Le Tableau 14 présente la périodicité ainsi que le critère d'action (à la suite du contrôle) préconisés par le fabricant et en accord avec les prescriptions du

Tableau 1 :

Tableau 14: Exigences concernant la mesure d'humidité relative ambiante.

Paramètre	Périodicité minimale en maintenance préventive	§ associé	Critère d'action
Humidité relative ambiante (HR _{ambiante})	- contrôle : trimestrielle - étalonnage : annuelle	§ 7.1.3.3	$ HR_{\text{ambiante}} - HR_{\text{référence}} \leq 5 \%$

7.1.3.3 Préconisations et points de vigilance

▀ Pour le contrôle :

- Relever la valeur de l'humidité relative ambiante extérieure sur l'hygromètre de référence (HR_{référence})
- Aller dans le menu « Calibration » → sous-menu « Fonction RST » → sous-menu « Ecran 2 » et relever la valeur HR_{ambiante} du capteur « Humidité relative »

Le critère d'action du Tableau 14 doit être respecté. Dans le cas contraire, il convient de réétalonner le capteur de température ambiante extérieure.

Le contrôle du capteur d'humidité pourra également être effectué à partir de l'examen, selon une fréquence rapprochée (ex : quotidiennement), de la cohérence des profils chronologiques (synchronicité, amplitude, etc...) du capteur de la jauge et d'une mesure alternative (ex : sur le site ou sur les stations météorologiques de l'AASQA). Les contrôles QA/QC de la mesure alternative seront documentés.

▀ Pour l'étalonnage, la fonction « RST » doit être activée. Cette étape nécessite au minimum 2 heures de fonctionnement en continu. Le capteur de référence pour la température atmosphérique doit être installé sur le site à proximité du capteur « Humidité relative ». Il convient d'enregistrer les données issues du capteur de référence pour la comparaison avec les données de la jauge.

Il convient également de s'assurer que la plage de variation de l'humidité relative ambiante extérieure est, a minima, de l'ordre de 10% sur la période de fonctionnement. Les spécifications du constructeur et les recommandations du Guide national s'appliquent.

Lors du changement de capteur d'humidité relative ambiante, il convient de tenir compte des informations mentionnées dans le rapport d'étalonnage du capteur neuf pour la mise à jour dans la jauge des informations associées.

7.1.4 Débit

7.1.4.1 Identification du/des matériels de contrôle/étalonnage

Il convient d'utiliser un débitmètre de référence respectant les exigences relatives aux étalons de transfert figurant dans le Tableau 1 du présent document. Les opérations concernant le débit peuvent nécessiter un adaptateur spécifique pour connecter le débitmètre de référence à la ligne de prélèvement (voire à la jauge). Il convient d'utiliser un débitmètre à perte de charge réduite.

7.1.4.2 Identification des points à contrôler

Une mesure de débit a été identifiée comme « critique » au sens de la norme NF EN 16450 : le débit total de prélèvement. Le fabricant a fixé un critère d'action adapté au système de régulation de débit utilisé sur son appareil.

Avant toute opération concernant le débit, il convient d'avoir au préalable contrôlé les capteurs de pression de la jauge (cf. § 7.1.2) ainsi que l'absence de fuite (cf. point 1 du § 7.1.4.3). L'ensemble des opérations peut nécessiter 2 opérateurs.

Le Tableau 15 présente la périodicité ainsi que le critère d'action (à la suite du contrôle) préconisés par le fabricant.

Tableau 15 : Exigences concernant la mesure de débit

Paramètre	Périodicité minimale en maintenance préventive	§ associé	Critère d'action
Débit de prélèvement (*)	- contrôle : trimestrielle - étalonnage : annuelle	§ 7.1.4.3	Débit _{référence} ∉ [15,8 L/min - 17,5 L/min]

(*) : Contrôle d'étanchéité OK + capteurs de pression (P_{amont} , P_{aval}) OK

Il est recommandé de faire un contrôle du débit à l'installation initiale sur site ou à chaque changement de rouleau de papier filtre.

7.1.4.3 Préconisations et points de vigilance

1) Contrôle d'étanchéité

Il est recommandé de contrôler l'étanchéité de l'intégralité du processus de mesure (ligne de prélèvement, jauge). Ce contrôle d'étanchéité peut nécessiter un adaptateur équipé d'un robinet servant d'obturateur lors du contrôle. Selon la localisation du test (laboratoire ou site), un adaptateur distinct peut être nécessaire. Cet adaptateur n'est pas à installer au début du contrôle. Il convient également d'effectuer le test d'étanchéité après chaque changement de ruban filtre.

Le test de fuite préconisé par le constructeur est à effectuer. Après démarrage de la pompe, lorsque le débit de consigne est atteint et stabilisé (valeur de consigne stable au niveau du 1/10), il convient alors d'installer l'adaptateur avec obturateur à l'entrée de la ligne de prélèvement et de fermer l'obturateur.

La valeur du débit doit alors chuter à une valeur < 5 L/min pendant au moins 2 min.

Dans le cas contraire, il convient de se référer à la notice du constructeur ainsi qu'aux recommandations du Guide national. A minima, une vérification des connexions fluidiques et de l'état des joints d'étanchéité ainsi que du compteur Geiger-Müller est préconisée.

2) Débit

▀ Pour le contrôle :

Ce contrôle peut être réalisé sans arrêter la mesure.

– Connecter le débitmètre de référence en entrée de ligne de prélèvement. Cette connexion peut nécessiter un adaptateur spécifique.

– Aller dans le menu « Calibration » → sous-menu « Débit ».

– **le débit lu sur le débitmètre de référence doit respecter le critère du Tableau 15.** Dans le cas contraire, il faut stopper la mesure et procéder à un réétalonnage du débit.

▀ Pour l'étalonnage :

Pour la procédure de réétalonnage du débit, il convient de se référer à la notice du constructeur ainsi qu'aux recommandations du Guide national.

7.2 BAM 1020

Les recommandations suivantes s'appliquent pour les appareils dénommés « BAM 1020 » intégrant la version firmware « 5.0.10 ». La version du manuel qui s'applique est intitulée « BAM 1020 Particulate monitor operation manual: BAM-1020-9800 REV H », également disponible en version française sous le titre « Analyseur de particules en suspension BAM-1020 Manuel d'utilisation : BAM-1020-9800 Rev H (FR) ».

Pour toute nouvelle version d'appareil, il conviendra :

- de se référer à la liste des appareils déclarés conformes sur le plan technique ;
- de vérifier la faisabilité technique des modes opératoires fournis ;
- de s'assurer de la compatibilité technique des outils associés.

L'ensemble des opérations suivantes peut être mené indifféremment en laboratoire ou sur site, sous réserve du respect des servitudes d'utilisation fixées par le fabricant.

7.2.1 Température

7.2.1.1 Identification du/des matériels de contrôle/étalonnage

Il convient d'utiliser un thermomètre de référence respectant les exigences relatives aux étalons de transfert figurant dans le

Tableau 1 du présent document.

7.2.1.2 Identification des points à contrôler

Deux capteurs de température ont été identifiés ci-dessous comme « critiques » (c'est-à-dire comme pouvant influencer sur la mesure). Les exigences de la norme NF EN 16450 s'appliquent à la température ambiante (notée « AMBIENT TEMPERATURE » ou « AT » sur l'écran de l'appareil) et à la température au niveau du ruban-filtre (notée « FILTER-T » sur l'écran de l'appareil).

Le Tableau 16 présente la périodicité ainsi que le critère d'action préconisé pour ces deux paramètres de température, en accord avec les prescriptions données au Tableau 1. Une variation de la température ambiante impacte les volumes d'air prélevés donc la concentration massique mesurée de particules. Une variation de la température au niveau du ruban-filtre impacte sur le déclenchement du « smart-heater », composant destiné à chauffer le flux d'air à prélever pour éviter les artéfacts positifs de mesure dus à la sorption de l'eau lorsque les prélèvements sont réalisés dans des environnements humides.

Tableau 16: Exigences concernant les mesures de température sur la BAM 1020

Paramètre	Périodicité	§ associé	Critère d'action
Température ambiante (T_{ambiante})	- contrôle : trimestrielle ⁶ - étalonnage : annuelle	§7.2.1.3	$ T_{\text{ambiante}} - T_{\text{référence}} \leq 2^{\circ}\text{C}$
Température air échantillonné au niveau du ruban filtre (T_{filtre})			$ T_{\text{filtre}} - T_{\text{référence}} \leq 2^{\circ}\text{C}$

7.2.1.3 Préconisations points de vigilance

1) T_{ambiante}

Il convient de contrôler tous les 3 mois ou d'étalonner une fois par an le **capteur de température** ambiante des BAM 1020.

Le contrôle et l'étalonnage se font avec un instrument en fonctionnement nominal pour lequel une durée de préchauffage minimale d'une heure aura été opérée pour stabiliser notamment les cartes électroniques.

▀ Pour le contrôle, relever la valeur de la température ambiante extérieure sur le thermomètre de référence placé à proximité immédiate du capteur de température ambiante de la BAM 1020 ($T_{\text{référence}}$). Il convient de réaliser cette mesure de température en évitant les interférences possibles qui empêcheraient d'obtenir une mesure stable sur le thermomètre de référence (ex. : rayonnement solaire, vent fort, pluie, système de climatisation ou de chauffage, etc...).

- Aller dans le menu « TEST>FLOW » → sélectionner le paramètre « AT » → relever la valeur T_{ambiante} du capteur « AT ».

Le critère d'action du Tableau 16 doit être respecté. Dans le cas contraire, il convient de réétalonner le capteur de température ambiante extérieure.

▀ Pour l'étalonnage, relever la valeur de la température ambiante extérieure sur le thermomètre de référence placé à proximité immédiate du capteur de température ambiante de la BAM 1020 ($T_{\text{référence}}$).

- Aller dans le menu « TEST>FLOW » → sélectionner le paramètre « AT » → relever la valeur T_{ambiante} du capteur « AT » → Entrer la valeur lue sur le thermomètre de référence ($T_{\text{référence}}$) dans le champ « STD » à l'aide des touches fléchées → Appuyer sur la touche CAL pour étalonner la BAM 1020.

En cas d'étalonnage non conforme ou si la dérive est à nouveau constatée lors du contrôle suivant, il convient de remplacer la sonde de température ambiante (réf. : BX-592 ou BX-596 ou BX-597). Si le problème persiste, il faut alors contacter le constructeur ou son revendeur.

2) T_{filtre}

Il convient de contrôler tous les 3 mois et d'étalonner une fois par an le **capteur de température de l'air échantillonné au niveau du ruban filtre** de la BAM 1020. Ce capteur se situe sous le couvercle de l'appareil, dans le flux d'air sous le ruban filtre.

Pour le contrôle et l'étalonnage, le smart-heater doit être éteint et revenu à température ambiante (Menu « TEST>HEATER>OFF ») et la BAM 1020 doit être en fonctionnement nominal pour lequel une durée de préchauffage minimale d'une heure aura été opérée pour stabiliser notamment les cartes électroniques.

▣ Pour le contrôle, relever la valeur de la température sur le thermomètre de référence placé à proximité immédiate du capteur de température du ruban-filtre de la BAM 1020 ($T_{\text{référence}}$). Il convient de réaliser cette mesure de température en évitant les interférences possibles qui empêcheraient d'obtenir une mesure stable sur le thermomètre de référence (ex. : rayonnement solaire, vent fort, pluie, système de climatisation ou de chauffage, etc.).

- Aller dans le menu « TEST » → sélectionner le paramètre « FILTER-T » → en entrant dans ce menu, la buse se soulève et la pompe se met en marche. Cette action permet au capteur de température filtre de s'équilibrer à la température ambiante de la pièce en se soustrayant des effets du smart-heater → laisser la pompe en fonctionnement pour au moins 5 minutes afin que le capteur se stabilise → relever la valeur T_{filtre} du capteur « FILTER-T ».

Le critère d'action du Tableau 16 doit être respecté. Dans le cas contraire, il convient de réétalonner le capteur de température air échantillonné au niveau du ruban filtre (T_{filtre}).

▣ Pour l'étalonnage, relever la valeur de la température sur le thermomètre de référence placé à proximité immédiate du capteur de température du ruban-filtre de la BAM 1020 ($T_{\text{référence}}$).

- Aller dans le menu « TEST » → sélectionner le paramètre « FILTER-T » → en entrant dans ce menu, la buse se soulève et la pompe se met en marche. Cette action permet au capteur de température filtre de s'équilibrer à la température ambiante de la pièce en se soustrayant des effets du smart-heater → laisser la pompe en fonctionnement pour au moins 5 minutes afin que le capteur se stabilise → entrer la température indiquée par le capteur de référence dans la zone « REFERENCE » → appuyer sur le bouton « CALIBRATE ».

En cas d'étalonnage non conforme ou si la dérive est à nouveau constatée lors du contrôle suivant, il convient de remplacer la sonde de température ambiante (réf. : BX-962). Si le problème persiste, il faut alors contacter le constructeur ou son revendeur.

7.2.2 Pression

7.2.2.1 Identification du/des matériels de contrôle/étalonnage

Il convient d'utiliser un baromètre de référence respectant les exigences relatives aux étalons de transfert figurant dans le

Tableau 1 du présent document.

7.2.2.2 Identification des points à contrôler

Un capteur de pression a été identifié ci-dessous comme « critique » (c'est-à-dire comme pouvant influencer sur la mesure). Les exigences de la norme NF EN 16450 s'applique pour la pression atmosphérique ambiante ($P_{\text{atmosphérique}}$) (notée « BAROMETRIC PRESSURE » ou « BP » sur l'écran de l'appareil). A noter que cette pression est mesurée par un capteur qui se situe sous le couvercle de l'appareil entre le filtre à débris et la vanne de régulation mais qu'un autre capteur pouvant se placer à l'extérieur près du tube d'échantillonnage est disponible en option (réf. BX-596 ou BX-594).

Le Tableau 17 présente la périodicité ainsi que le critère d'action préconisé pour le paramètre pression atmosphérique ambiante ($P_{\text{atmosphérique}}$), en accord avec les prescriptions du

Tableau 1. Une variation de la pression ambiante impacte les volumes d'air prélevés donc la concentration massique mesurée de particules.

Tableau 17 : Exigences concernant la mesure de pression ambiante sur la BAM 1020

Paramètre	Périodicité minimale en maintenance préventive	§ associé	Critère d'action
Pression atmosphérique ambiante ($P_{\text{atmosphérique}}$)	- contrôle : trimestrielle ⁷ - étalonnage : annuelle	§ 7.2.2.3	$ P_{\text{atmosphérique}} - P_{\text{référence}} \leq 7,5$ mmHg (soit 1 kPa)

Nota bene : Le critère d'action figurant dans le Tableau 17 est celui de la norme (cf.

Tableau 1), converti dans l'unité usuelle affichée sur les BAM 1020.

Toute intervention au niveau des pressions du système de régulation de débit implique un contrôle du débit de prélèvement de la BAM 1020 (cf. § 7.2.4).

7.2.2.3 Préconisations et points de vigilance

Il convient de contrôler tous les 3 mois et d'étalonner une fois par an le capteur de pression atmosphérique ambiante des BAM 1020.

Le contrôle et l'étalonnage se font avec un instrument en fonctionnement nominal pour lequel une durée de préchauffage minimale d'une heure aura été opérée pour stabiliser notamment les cartes électroniques.

▀ Pour le contrôle, relever la valeur de la pression ambiante extérieure sur le baromètre de référence placé à proximité immédiate du capteur de pression atmosphérique ambiante de la BAM 1020 ($P_{\text{référence}}$).

- Aller dans le menu « TEST>FLOW » → sélectionner le paramètre « BP » → relever la valeur $P_{\text{atmosphérique}}$ du capteur « BP ».

Le critère d'action du Tableau 17 doit être respecté. Dans le cas contraire, il convient de réétalonner le capteur de pression atmosphérique ambiante.

▀ Pour l'étalonnage, relever la valeur de la pression ambiante extérieure sur le baromètre de référence placé à proximité immédiate du capteur de pression atmosphérique ambiante de la BAM 1020 ($P_{\text{référence}}$).

- Aller dans le menu « TEST>FLOW » → cliquer sur « NEXT » et sélectionner le paramètre « BP » → relever la valeur $P_{\text{atmosphérique}}$ du capteur « BP » → Entrer la valeur lue sur le baromètre de référence ($P_{\text{référence}}$) dans le champ « STD » à l'aide des touches fléchées → Appuyer sur la touche CAL pour étalonner la BAM 1020.

En cas d'étalonnage non conforme ou si la dérive est à nouveau constatée lors du contrôle suivant, il convient de contacter le constructeur ou son revendeur.

7.2.3 Humidité relative

7.2.3.1 Identification du/des matériels de contrôle/étalonnage

Il convient d'utiliser un hygromètre de référence respectant les exigences relatives aux étalons de transfert figurant dans le Tableau 1 du présent document.

7.2.3.2 Identification des points à contrôler

Un capteur d'humidité relative a été identifié ci-dessous comme « critique » (c'est-à-dire comme pouvant influencer sur la mesure). Pour l'humidité relative du ruban-filtre (HR_{filtre}) (notée « FILTER RH » ou « RH » sur l'écran de l'appareil), les exigences du constructeur doivent s'appliquer. A noter que cette humidité relative est mesurée par un capteur qui se situe sous le couvercle de l'appareil entre le filtre à débris et la vanne de régulation.

Le Tableau 18 présente l'exigence associée pour le paramètre humidité relative du ruban-filtre (HR_{filtre}). Ainsi par homogénéité avec les autres AMS et vu le critère retenu dans les guides méthodologiques actuels, même si le "constructeur" la fixe à 4%, l'exigence à appliquer est 5%.

Un suivi doit être réalisé au moins trimestriellement ; un suivi peut être aussi réalisé lors des visites de maintenance. Une variation de l'humidité relative au niveau du ruban-filtre impacte sur le déclenchement du smart-heater, composant destiné à chauffer le flux d'air à prélever pour éviter les artéfacts positifs de mesure dus à la sorption de l'eau lorsque les prélèvements sont réalisés dans des environnements humides. Pour la mesure des PM_{10} et des $PM_{2,5}$, le smart-heater se mettra automatiquement en fonctionnement dès que l'humidité relative du ruban-filtre dépassera 45%.

Tableau 18 : Exigences concernant la mesure d'humidité relative du ruban-filtre de la BAM 1020

Localisation du paramètre	Libellé paramètre	§ associé	périodicité	Consigne à respecter
Humidité relative du ruban-filtre (HR_{filtre})	FILTER RH	§0	Contrôle : trimestrielle. Etalonnage : annuelle.	$ HR_{\text{filtre}} - HR_{\text{référence}} \leq 5 \%$

7.2.3.3 Préconisations et points de vigilance

L'exigence « constructeur » du Tableau 18 doit être respectée mais l'établissement de cette corrélation est délicat à effectuer car le mode de fonctionnement de la BAM 1020 engendre une lecture de la valeur HR_{filtre} souvent nettement inférieure à celle de l'humidité relative de l'hygromètre de référence ($HR_{\text{référence}}$). Pour cette raison et afin de ne pas accentuer les écarts, il est généralement **préférable de garder les paramètres d'étalonnage d'usine**. S'il existe une preuve fiable que l'écart observé est réel, il convient de réétalonner le capteur d'humidité relative de l'air échantillonné au niveau du ruban filtre (HR_{filtre}). Si le capteur indique des valeurs aberrantes comme - 25% ou 135%, il doit être remplacé. Il convient de réétalonner le nouveau capteur suivant la méthode préconisée par le fabricant.

Il convient de contrôler tous les 3 mois et d'étalonner une fois par an le **capteur d'humidité relative de l'air échantillonné au niveau du ruban filtre** de la BAM 1020. Ce capteur se situe sous le couvercle de l'appareil, dans le flux d'air sous le ruban filtre.

Pour le contrôle et l'étalonnage, le smart-heater doit être éteint, débranché et revenu à température ambiante (Menu « TEST>HEATER>OFF ») et la BAM 1020 doit être en fonctionnement nominal pour lequel une durée de préchauffage minimale d'une heure aura été opérée pour stabiliser notamment les cartes électroniques.

▣ Pour le contrôle, relever la valeur de l'humidité relative sur l'hygromètre de référence placé à proximité immédiate du capteur d'humidité relative du ruban-filtre de la BAM 1020 ($HR_{référence}$).

- Aller dans le menu « TEST » → sélectionner le paramètre « FILTER RH » → en entrant dans ce menu, la buse se soulève et la pompe se met en marche. Cette action permet au capteur d'humidité relative de s'équilibrer à l'humidité relative de la pièce en se soustrayant des effets du smart-heater → laisser la pompe en fonctionnement pour une à deux heures afin que le capteur se stabilise → relever la valeur HR_{filtre} du capteur « RH ».

▣ Pour l'étalonnage, débrancher le système de chauffage et retirer le couvercle du boîtier de la BAM 1020. Retirer du flux d'air le collecteur noir à 3 ports, situé sous le moteur de la buse et qui maintient les capteurs de température et d'humidité relative du filtre, en veillant à ne pas toucher le capteur d'humidité relative du ruban filtre pour éviter de le dégrader par un phénomène d'électricité statique. Pour cela, il est possible d'utiliser un outil spécifique commercialisé dans le kit BX-308. Laisser les capteurs branchés sur le circuit imprimé et déplacer le capteur loin de la BAM 1020 de sorte qu'une mesure précise de la valeur d'humidité relative (HR_{filtre}) puisse être obtenue. Relever la valeur de l'humidité relative sur l'hygromètre de référence placé à proximité immédiate du capteur d'humidité relative du ruban-filtre de la BAM 1020 ($HR_{référence}$).

Aller dans le menu « TEST » → sélectionner le paramètre « FILTER RH » → laisser le capteur se stabiliser pour au moins 5 minutes → entrer l'humidité relative indiquée par le capteur de référence dans la zone « REFERENCE » → appuyer sur le bouton « CALIBRATE ».

En cas d'étalonnage non conforme ou si la dérive est à nouveau constatée lors du contrôle suivant, il convient de remplacer la sonde d'humidité relative du ruban-filtre (réf. : BX-962). Si le problème persiste, il faut alors contacter le constructeur ou son revendeur.

7.2.4 Débit

7.2.4.1 Identification du/des matériels de contrôle/étalonnage

Il convient d'utiliser un débitmètre de référence respectant les exigences relatives aux étalons de transfert figurant dans le Tableau 1 du présent document. Par ailleurs, un débitmètre à perte de charge réduite est à privilégier pour le contrôle et l'étalonnage de la BAM 1020.

7.2.4.2 Identification des points à contrôler

Une mesure de débit a été identifiée comme « critique » (c'est-à-dire comme pouvant influencer sur la mesure). Pour le débit total de prélèvement, le fabricant a fixé un critère d'action adapté au système de régulation de débit utilisé sur la BAM 1020. A noter que ce débit est mesuré par un capteur de débit massique qui se situe sous le couvercle de l'appareil entre le filtre à débris et la vanne de régulation.

Avant toute opération concernant le débit, il convient d'avoir au préalable contrôlé l'absence de fuite sur la BAM 1020 (cf. point 1 du § 7.2.4.3). L'ensemble des opérations peut nécessiter 2 opérateurs.

Le Tableau 19 présente l'exigence associée pour le paramètre débit de prélèvement (Débit_{BAM}). Un suivi doit être réalisé au moins trimestriellement ; un suivi peut être aussi réalisé lors des visites de maintenance. A noter que l'exigence du constructeur est de 4% mais par homogénéité avec les autres AMS, celle-ci est portée à 5%.

Tableau 19 : Exigences concernant la mesure de débit de la BAM 1020

Localisation du paramètre	Libellé paramètre	§ associé	périodicité	Consigne à respecter
Débit de prélèvement (Débit _{BAM})	FLOW	§0	Contrôle : trimestrielle. Etalonnage : annuelle.	$ \text{Débit}_{\text{BAM}} - \text{Débit}_{\text{référence}} \leq 5\%$ (soit 0,84 L/min pour un Débit _{BAM} nominal de 16,7 L/min)

7.2.4.3 Préconisations et points de vigilance

1) Contrôle d'étanchéité

Il est recommandé de contrôler l'étanchéité de l'intégralité du processus de mesure (ligne de prélèvement, BAM 1020). Ce contrôle d'étanchéité nécessite d'utiliser une vanne de test de fuite (réf. : BX-305 ou équivalent) qui sera installée sur le tube d'entrée en lieu et place de la tête de prélèvement durant le contrôle d'étanchéité (cet adaptateur n'est pas à installer au début du contrôle).

Le test de fuite tel que préconisé par le constructeur est à effectuer. Après démarrage de la pompe, la vanne de test de fuite sera fermée pour empêcher l'air de pénétrer dans le tube d'entrée.

La valeur du débit affiché à l'écran de la BAM 1020 doit alors chuter à une valeur $\leq 1,0$ L/min en moins de 20 secondes environ.

Dans le cas contraire, il convient de se référer à la notice du constructeur ainsi qu'aux recommandations du Guide national. A minima, une vérification des connexions fluidiques et du bon nettoyage de la vanne de régulation de débit est préconisée.

2) Débit

▀ Pour le contrôle :

Ce contrôle peut être réalisé sans arrêter la BAM 1020.

– Connecter le débitmètre de référence en entrée de ligne de prélèvement. Cette connexion peut nécessiter un adaptateur spécifique.

– Aller dans le menu «TEST> FLOW ».

– **le débit lu sur le débitmètre de référence doit respecter le critère du Tableau 19.** Dans le cas contraire, il faut procéder à un réétalonnage du débit de prélèvement.

N.B. : Durant le test de contrôle de débit, il peut y avoir des périodes pendant lesquelles il y a des fluctuations périodiques de la valeur de débit lue sur le débitmètre de référence. Il convient de ne pas prendre en compte ces périodes de fluctuations et de relever le débit uniquement lorsqu'il aura atteint une valeur stable.

▀ Pour l'étalonnage :

Pour la procédure de réétalonnage du débit, il convient de se référer à la notice du constructeur ainsi qu'aux recommandations du Guide national.

L'étalonnage du débit nécessite que le contrôle de la pression ambiante et température ambiante préalablement à celui-ci soient conformes (voir § 7.2.1 et 7.2.2).

– Connecter le débitmètre de référence en entrée de ligne de prélèvement. Cette connexion peut nécessiter un adaptateur spécifique.

– Aller dans le menu «TEST> FLOW ». La colonne « BAM » affiche les valeurs mesurées par la BAM 1020 pour chacun des 3 points de débit différent mesurés. La colonne « STD » est celle où les valeurs de débit stabilisé, lues sur le débitmètre de référence devront être saisies et validées à l'aide de la touche « CAL ».

A la fin de la procédure d'étalonnage en 3 points du débit, les débits affichées dans les colonnes « BAM » et « STD » et le débit **lu sur le débitmètre de référence doivent respecter le critère du Tableau 19.**

N.B. : Si la BAM 1020 est incapable de réaliser la régulation du débit au point 18,4 L/min, cela pourrait être une indication qu'une maintenance de la pompe est nécessaire.

8. FIDAS

Ce chapitre couvre l'ensemble des modèles 200, 200S, 200E. Ces différentes versions de FIDAS n'impactent pas la conception des sondes Température-Pression-Humidité Relative et débitmètres du FIDAS. Les contrôles et étalonnages décrits ci-après s'appliquent à l'ensemble de ces modèles.

Les recommandations suivantes s'appliquent pour les appareils dénommés « 200 », « 200S » et « 200E » dont le numéro de firmware est inférieur ou égal à v100454.

Pour toute nouvelle version d'appareil, il conviendra :

- de se référer à la liste des appareils déclarés conformes sur le plan technique ;
- de vérifier la faisabilité technique des modes opératoires fournis ;
- de s'assurer de la compatibilité technique des outils associés.

8.1 Température

8.1.1 Identification du/des matériels de contrôle/étalonnage

Tout matériel permettant de mesurer la température dont les caractéristiques répondent aux exigences relatives aux étalons de transfert figurant dans le Tableau 1 du guide.

8.1.2 Identification des points à contrôler

Deux capteurs de température ont été identifiés ci-dessous comme critique, un au sens de la norme NF EN 16450 (température ambiante) et un par le constructeur (température de la ligne chauffée). Ils sont répertoriés dans le Tableau 20 et le Tableau 21.

Tableau 20 : Exigences concernant la mesure de température ambiante

Paramètre	Périodicité	§ associé	Critère d'action selon la norme
Température ambiante (T_{ambiante})	- contrôle (sur site) : trimestrielle - étalonnage (sur site ou laboratoire) : annuelle	§ 8.1.3	$ T_{\text{ambiante}} - T_{\text{référence}} \leq 2^\circ \text{C}$

Tableau 21 : Suivi des températures considérées comme critiques pour le constructeur

Localisation du paramètre	Libellé paramètre	Périodicité	§ associé	Consigne constructeur à respecter
Température air échantillonné au niveau de la ligne chauffée	T _{IADS}	- contrôle (sur site) : trimestrielle - étalonnage (sur site ou laboratoire) : annuelle	§ 8.1.3	$ T_{IADS} - T_{référence} \leq 2^{\circ} C$

La valeur de la température ambiante mesurée est utilisée pour corriger le débit massique en débit volumique pour la détermination des fractions massiques.

La température de la ligne chauffée (T_{IADS}) est associée au séchage des aérosols, donc à leur taille et par conséquent à leur conversion en masse.

8.1.3 Préconisations et points de vigilance

Le contrôle de la température ambiante se fait en un point de mesure par comparaison entre la valeur mesurée par l'étalon de transfert et la valeur affichée par le FIDAS. Il convient d'attendre une mesure stable de la température sur l'étalon de transfert. Sur site, il faut éviter les interférences tels que le rayonnement solaire, les différences de mesure issues de rafales de vent ; en cas de pluie, éviter de faire la mesure si cela doit porter atteinte à l'intégrité des matériels utilisés ou en cas de risque d'entrée d'eau dans la ligne d'échantillonnage sauf si des mesures de protections adaptés éliminent ces risques.

La différence entre les deux valeurs doit être $\leq 2^{\circ}C$. En cas de contrôle non conforme, procéder à l'étalonnage.

L'étalonnage de la température ambiante se fait uniquement à la suite de la remise à zéro des paramètres de pente (scale) et d'offset (menu « accessories/calibrate weather station ») puis effectuer l'arrêt et redémarrage du FIDAS. Une fois l'instrument redémarré, procéder alors à l'étalonnage par mesure de la température ambiante à l'aide d'un étalon de transfert.

Les nouveaux paramètres pente (scale) et d'offset se calculant sous la forme :

Valeur corrigée = « scale » x mesure brute de la sonde + « offset »,

Il est recommandé de faire l'étalonnage idéalement en trois points distincts. Après le calcul des nouveaux paramètres, les rentrer dans l'instrument (menu « accessories/calibrate weather station ») puis effectuer l'arrêt et redémarrage du FIDAS pour que ceux-ci soient bien pris en compte. **En cas d'impossibilité de le faire en trois points distincts, le faire impérativement en un point minimum. Ceci impose d'avoir une mesure stable sur l'étalon de transfert.**

En cas d'étalonnage non conforme, changer de sonde météorologique et recommencer les opérations précédentes. Si, après ce changement, l'étalonnage est non conforme, l'instrument ne doit plus être utilisé et des investigations doivent être menées par l'utilisateur ou soit par le constructeur soit par son revendeur.

Le contrôle de la température de la ligne chauffée T_{IADS} nécessite le démontage de celle-ci et sa mise en stabilisation dans un local à température stable (e.g. laboratoire, station de mesures). Un temps conséquent de stabilisation dans le local est nécessaire afin d'avoir lors de la mesure à l'aide de l'étalon de transfert la température de la ligne chauffée équilibrée avec celle du local où la mesure est effectuée. 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. La différence entre les températures ne doit pas dépasser 2°C. Sinon, le contrôle n'est pas conforme. Contacter alors le revendeur.

8.2 Pression

8.2.1 Identification du/des matériels de contrôle/étalonnage

Tout matériel permettant de mesurer la pression ambiante dont les caractéristiques répondent aux exigences relatives aux étalons de transfert figurant dans le Tableau 1 du guide.

8.2.2 Identification des points à contrôler

Le capteur de pression ambiante est critique au sens de la norme NF EN 16450. Sa valeur est utilisée pour corriger le débit massique en débit volumique pour la détermination des fractions massiques. Le Tableau 22 rappelle la fréquence et critère d'action associé à ce paramètre par la norme.

Tableau 22 : Exigences concernant la mesure de pression ambiante

Paramètre	Périodicité	§ associé	Critère d'action selon la norme
Pression ambiante (P_{ambiante})	- contrôle (sur site) : trimestrielle - étalonnage (sur site ou laboratoire) : annuelle	§ 0	$ P_{\text{ambiante}} - P_{\text{référence}} \leq 10 \text{ hPa}$

8.2.3 Préconisations et points de vigilance

Le contrôle n'appelle pas de préconisations particulières pour sa réalisation. Le contrôle se fait en un point de mesure à l'aide d'un étalon de transfert. La différence entre la valeur de la pression ambiante affichée par le FIDAS et l'étalon de transfert doit être ≤ 10 hPa. En cas de contrôle non conforme, procéder à l'étalonnage.

L'étalonnage de la pression ambiante se fait uniquement à la suite de la remise à zéro des paramètres de pente (scale) et d'offset (menu « accessories/calibrate weather station ») puis effectuer l'arrêt et redémarrage du FIDAS. Une fois l'instrument redémarré, procéder alors à l'étalonnage par mesure de la pression ambiante à l'aide d'un étalon de transfert.

Les nouveaux paramètres pente (scale) et d'offset se calculant sous la forme :

Valeur corrigée = « scale » x mesure brute de la sonde + « offset »,

Il est recommandé de faire l'étalonnage idéalement entre trois points distincts.

Après le calcul des nouveaux paramètres, les rentrer dans l'instrument (menu « accessories/calibrate weather station ») puis effectuer l'arrêt et redémarrage du FIDAS pour que ceux-ci soient bien pris en compte. **En cas d'impossibilité de le faire en trois points distincts, le faire impérativement en un point minimum. Ceci impose d'avoir une mesure stable sur l'étalon de transfert.**

En cas d'étalonnage non conforme, changer de sonde météorologique et recommencer les opérations précédentes. Si, après ce changement, l'étalonnage est non conforme, l'instrument ne doit plus être utilisé et des investigations doivent être menées par l'utilisateur ou soit par le constructeur soit par son revendeur.

8.3 Humidité relative

8.3.1 Identification du/des matériels de contrôle/étalonnage

Tout matériel permettant de mesurer l'humidité relative dont les caractéristiques répondent aux exigences relatives aux étalons de transfert figurant dans le Tableau 1 du guide.

8.3.2 Identification des points à contrôler

Le capteur d'humidité relative pour le FIDAS est critique au sens de la norme NF EN 16450. Ainsi que du point de vue du constructeur car sa valeur conditionne le fonctionnement de la ligne chauffée IADS dans son mode « remove volatile / moisture compensation ». Le Tableau 23 rappelle la fréquence et critère d'action associé à ce paramètre.

Tableau 23 : Exigences concernant la mesure d'humidité relative ambiante

Paramètre	Périodicité	§ associé	Critère d'action selon la norme
Humidité Relative (HR _{ambiante}) relative humidity	- contrôle (sur site) : trimestrielle - étalonnage (sur site ou laboratoire) : annuelle	§ 8.3.3	$ HR_{\text{ambiante}} - HR_{\text{référence}} \leq 5\%$

8.3.3 Préconisations et points de vigilance

Le contrôle de l'humidité relative, notamment sur site, doit être réalisé de manière à avoir une mesure stable à l'aide de l'étalon de transfert. Il se fait en un point. La différence entre la valeur de l'humidité relative affichée par le FIDAS et la mesure réalisée avec l'étalon de transfert doit être $\leq 5\%$. En cas de contrôle non conforme, procéder à l'étalonnage.

L'étalonnage de l'humidité relative se fait uniquement à la suite de la remise à zéro des paramètres de pente (scale) et d'offset (menu « accessories/calibrate weather station ») puis effectuer l'arrêt et redémarrage du FIDAS. Une fois l'instrument redémarré, procéder alors à l'étalonnage par mesure de l'humidité relative ambiante à l'aide d'un étalon de transfert.

Les nouveaux paramètres pente (scale) et d'offset se calculant sous la forme :

Valeur corrigée = « scale » x mesure brute de la sonde + « offset »,

Il est recommandé de faire l'étalonnage idéalement entre trois points distincts. Après le calcul des nouveaux paramètres, les rentrer dans l'instrument (menu « accessories/calibrate weather station ») puis effectuer l'arrêt et redémarrage du FIDAS pour que ceux-ci soient bien pris en compte. **En cas d'impossibilité de le faire en trois points distincts, le faire impérativement en un point minimum. Ceci impose d'avoir une mesure stable sur l'étalon de transfert.**

En cas d'étalonnage non conforme, changer de sonde météorologique et recommencer les opérations précédentes. Si, après ce changement, l'étalonnage est non conforme, l'instrument ne doit plus être utilisé et des investigations doivent être menées par l'utilisateur ou soit par le constructeur soit par son revendeur.

8.4 Débit

8.4.1 Identification du/des matériels de contrôle/étalonnage

Tout matériel permettant de mesurer l'humidité relative dont les caractéristiques répondent aux exigences relatives aux étalons de transfert figurant dans le Tableau 1 du guide.

8.4.2 Identification des points à contrôler

Le débit est un paramètre critique au sens de la norme NF EN 16450. Il est utilisé pour le calcul de volume des fractions massiques. Le Tableau 24 recense la fréquence et critère associés à ce paramètre.

Tableau 24 : Exigences concernant la mesure du débit

Paramètre	Périodicité	§ associé	Critère d'action selon la norme
Débit total Sensor flow 4,80L/min à 25°C et 1013,25 hPa	- contrôle (sur site) : trimestrielle - étalonnage (sur site ou laboratoire) : annuelle	§ 8.4.3	± 5 %

8.4.3 Préconisations et points de vigilance

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

Le contrôle du débit de prélèvement est de $4,80 \pm 5\%$ L/min dans ces mêmes conditions. 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. Si le contrôle n'est toujours pas conforme à la suite de ces opérations, il est nécessaire d'envisager une maintenance curative (e.g. changement de pompe).

Pour étalonner le FIDAS, dans le menu dédié (Settings/calibration/ sensor calibration / continue with calibration / calibrate flow sensor offset), entrer la valeur mesurée par un débitmètre massique dans les conditions standard 25°C (degrés Celsius) et 1013 hPa (hectopascals) raccordé aux étalons de transfert. Le logiciel interne du FIDAS calcule automatiquement le nouvel offset à appliquer. 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.

9. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Le présent document permet de compléter les exigences de la norme NF EN 16450 « Air ambiant - Systèmes automatisés de mesurage (AMS) de la concentration de matière particulaire (PM₁₀ ; PM_{2,5}) » concernant le contrôle des paramètres dits « critiques » (c'est-à-dire d'influence majeure sur le résultat de mesure). Ces recommandations (voire ces points de vigilance essentiels) concernent chaque type d'appareil de mesure automatique (AMS) utilisé en AASQA pour la surveillance réglementaire des particules en suspension.

Ce complément des guides méthodologiques du Référentiel Technique National (RTN) s'appuie majoritairement sur les critères d'exigence de la norme NF EN 16450. Il convient cependant de privilégier les exigences spécifiées par le constructeur pour les paramètres qu'il aura identifiés comme "critiques" pour les AMS déployés dans le réseau national de surveillance de la qualité de l'air avant la parution de la norme (29 avril 2017). Pour certains AMS, le critère d'action fixé par le constructeur peut s'avérer moins exigeant que celui de la norme tout en permettant d'assurer a priori la bonne qualité des mesures :

- Microbalances à variation de fréquence modèles 1400AB + FDMS 8500C et 1405-F : humidité relative en amont et en aval du sécheur ;
- Jauge radiométrique modèle MP101M : température au niveau de la ligne RST, débit total de prélèvement.

En parallèle, le suivi réalisé par le LCSQA de l'équivalence des AMS par rapport à la méthode gravimétrique de référence permet de vérifier le respect de l'objectif de qualité des données en utilisation usuelle.

Le document est intégré au RTN, les exigences associées se substituent à celles des guides méthodologiques spécifiques à chaque AMS dans l'attente de leur révision.

Les révisions à venir des guides méthodologiques spécifiques à chaque type d'AMS s'appuieront également sur le retour d'expérience des AASQA dans la mise en œuvre des présentes recommandations.