



Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air



Surveillance des particules PM_{10} et $PM_{2.5}$

Rapport préparatoire pour le guide méthodologique pour la surveillance des PM_{10} et $PM_{2.5}$ par jauge radiométrique dans l'air ambiant

François Mathé, Benoît Herbin, Sabine Crunaire
(LCSQA – Mines Douai)

Programme 2013





PREAMBULE

Le Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air

Le Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air est constitué de laboratoires de l'École des Mines de Douai, de l'INERIS et du LNE. Il mène depuis 1991 des études et des recherches finalisées à la demande du Ministère chargé de l'environnement, en concertation avec les Associations Agréées de Surveillance de la Qualité de l'Air (AASQA). Ces travaux en matière de pollution atmosphérique, supportés financièrement par la Direction Générale de l'Énergie et du Climat (Bureau de la Qualité de l'Air) du Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie (MEDDE), 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 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.



Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air

MINES DOUAI

**DEPARTEMENT SCIENCES ET GENIE DE
L'ENVIRONNEMENT**

**Programme financé par la
Direction Générale de l'Énergie et du Climat (DGEC)**

2013

**Rapport préparatoire pour le guide
méthodologique pour la surveillance des PM_{10}
et $PM_{2.5}$ par jauge radiométrique dans l'air
ambiant**

**François MATHE
Benoît HERBIN
Sabine CRUNAIRE**

Convention : 2200784276

Programme 2013

SOMMAIRE

AVANT PROPOS :	11
1. SURVEILLANCE DES PM₁₀ ET PM_{2,5} DANS L’AIR AMBIANT PAR L’UTILISATION DES JAUGES RADIOMETRIQUES MP101M D’ENVIRONNEMENT SA	11
1.1 INSTALLATION SUR SITE	12
1.2 CONTROLES ET MAINTENANCES (PREVENTIVE, CURATIVE)	12
1.2.1 Synthèse des maintenances et contrôles.....	12
1.2.2 Maintenance.....	14
1.2.2.1 Têtes et conduits de prélèvement.....	14
1.2.2.2 Remplacement de la bobine de ruban filtre.....	14
1.2.2.3 Vérification du joint à lèvres entre le conduit de prélèvement et l’appareil	14
1.2.2.4 Contrôle du groupe de pompage.....	14
1.2.2.6 Vérification de la tension exercée sur le filtre.....	15
1.2.3 Contrôles.....	15
1.2.3.1 Vérification de l’homogénéité des taches de prélèvement sur le ruban filtre.....	15
1.2.3.2 Vérification de l’horloge et des messages d’erreur.....	15
1.2.3.3 Test de contamination	15
1.2.3.4 Vérification des paramètres électriques (signaux MUX)	16
1.2.3.5 Vérification de la stabilité du détecteur Geiger-Müller	16
1.2.3.6 Contrôle de la jauge Bêta	16
1.3 ASSURANCE QUALITE / CONTROLE QUALITE (QA/QC)	17
1.3.1 Vérification et étalonnage des sondes de température, de pression et d’humidité relative	19
1.3.2 Contrôle du débit de prélèvement, vérification de l’étanchéité du système et étalonnage du capteur de débit	20
1.3.3 Etalonnage de la jauge Bêta et vérification de la linéarité.....	20
1.3.4 Test de vérification du zéro (blanc instrument)	20
1.4 RENDU DES RESULTATS	21
1.4.1 Validation des données	21
1.4.1.1 Validation technique	21
1.4.1.2 Validation environnementale	22
1.4.2 Expression des résultats.....	22
1.4.3 Estimation des incertitudes	23
2. SURVEILLANCE DES PM₁₀ ET PM_{2,5} DANS L’AIR AMBIANT PAR L’UTILISATION DES JAUGES RADIOMETRIQUES BAM 1020 DE MET ONE	24
2.1 INSTALLATION SUR SITE	24
2.2 CONTROLES ET MAINTENANCES (PREVENTIVE, CURATIVE)	25
2.2.1 Synthèse des maintenances et contrôles.....	25
2.2.2 Maintenance.....	26
2.2.2.1 Tête, cyclone et conduit de prélèvement.....	26
2.2.2.2 Remplacement de la bobine de ruban filtre.....	27
2.2.2.3 Inspection et nettoyage du nez de la buse mobile, de la grille, du galet presseur et du cabestan	27
2.2.2.4 Nettoyage du filtre à débris interne.....	27
2.2.2.5 Contrôle du groupe de pompage, des tubulures et du silencieux de la pompe	27
2.2.2.6 Remplacement des joints assurant l’étanchéité du système fluïdique.....	28
2.2.2.7 Remplacement de la batterie lithium.....	28

2.2.3 Contrôles.....	28
2.2.3.1 Vérification de l'homogénéité des taches de prélèvement sur le ruban filtre.....	28
2.2.3.2 Vérification de l'horloge et des messages d'erreur.....	29
2.2.3.3 Test de contamination du bloc de détection Bêta.....	29
2.2.3.4 Exécution d'un auto-test.....	30
2.2.3.5 Test du taux de comptage et du bruit du détecteur Bêta.....	30
2.3 ASSURANCE QUALITE / CONTROLE QUALITE.....	30
2.3.1 Vérification et étalonnage des sondes de température, de pression et d'humidité relative.....	32
2.3.2 Contrôle du débit de prélèvement, vérification de l'étanchéité du système et étalonnage du capteur de débit.....	32
2.3.3 Contrôle automatique de la jauge Bêta avec cale.....	33
2.3.4 Test de vérification du zéro (blanc instrument).....	33
2.4 RENDU DES RESULTATS.....	34
2.4.1 Validation des données.....	34
2.4.1.1 Validation technique.....	34
2.4.1.2 Validation environnementale.....	34
2.4.2 Expression des résultats.....	35
2.4.3 Estimation des incertitudes.....	35
BIBLIOGRAPHIE.....	37
ANNEXES.....	38

RESUME

Rapport préparatoire pour le guide méthodologique pour la surveillance des PM₁₀ et PM_{2.5} par jauge radiométrique dans l'air ambiant

Ce rapport consiste en une proposition d'évolution du guide de recommandations pour la mesure des particules PM₁₀ et PM_{2.5} dans l'air ambiant au moyen d'une jauge radiométrique par atténuation de rayonnement Bêta (version 2012). Les jauges radiométriques homologuées actuellement sur le sol français pour la surveillance réglementaire des particules dans l'air ambiant sont :

- La BAM 1020 de Met One Instruments, Inc. ;
- La MP101M d'Environnement SA.

Ce document a été rédigé sur la base des documents des constructeurs et des échanges avec les distributeurs ainsi qu'à partir du retour d'expérience du personnel des AASQA (journées techniques des AASQA, journées utilisateurs, etc.). Il s'articule de la façon suivante :

➤ **Partie 1 : Mise à jour du guide pour le MP101M d'Environnement SA :**

- mise en forme homogène avec les autres guides méthodologiques pour la surveillance des polluants réglementés dans l'air ambiant ;
- modification de quelques procédures de tests QA/QC ;
- modification de la partie concernant le conduit de prélèvement RST ;
- recommandations sur le rendu des résultats (validation des données et estimation de l'incertitude de mesure).

➤ **Partie 2 : Guide pour la BAM 1020 de Met One :**

Cette partie est une nouvelle partie qui intègre :

- l'installation sur site ;
- les procédures de maintenances et de vérifications périodiques à mettre en place ;
- les contrôles QA/QC ;
- des recommandations sur le rendu des résultats (validation des données et estimation de l'incertitude de mesure).

Le guide pour l'utilisation des jauges radiométriques devra évoluer et être remis à jour régulièrement en fonction des remarques et propositions des utilisateurs. Les modalités d'évolution de ce document sont à définir collectivement, et pourront être discutées en Commission de Suivi "Mesures automatiques". En attendant, toutes les remarques peuvent être adressées directement par email à Sabine Crunaire (sabine.crunaire@mines-douai.fr), François Mathé (francois.mathe@mines-douai.fr) ou Benoît Herbin (benoit.herbin@mines-douai.fr).

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient les membres des Commissions de Suivi « particules » et « mesures automatiques », les participants des ateliers « Analyseurs de particules PM₁₀ et PM_{2.5} récemment approuvés » et « Validation des données PM : cas pratiques et incertitudes » lors des Journées Techniques de Réseaux de Clermont-Ferrand (2013) ainsi que pour les échanges constructifs durant la phase d'élaboration du Guide d'utilisation des jauges radiométriques par rayonnement Bêta 'MP101M-RST' d'Environnement SA et 'BAM 1020' de Met One distribuée par la société Envicontrol).

Ce guide est à considérer comme le référentiel français en termes d'exigences de qualité des données obtenues sur l'ensemble du territoire par jauges radiométriques de type MP101M [1] et BAM 1020 [2] pour la surveillance des PM₁₀ et PM_{2.5} comme préconisé par l'arrêté du 21 octobre 2010 relatif aux modalités de surveillance de la qualité de l'air et à l'information du public [3]. Pour la surveillance des particules dans l'air ambiant, ce guide préconise des critères en matière de contrôle et d'assurance qualité (QA/QC) à satisfaire pour garantir une mesure fiable de la matière particulaire dans l'air ambiant lors de l'utilisation de la MP101M ou de la BAM 1020. Les critères QA/QC définis dans ce guide se basent sur la spécification technique XP CEN/TS16450 « Air ambiant — Systèmes automatisés de mesurage de la concentration de matière particulaire (PM₁₀ ; PM_{2.5}) » (juillet 2013 – 2^{ème} édition) élaborée par le comité technique CEN/TC 264 [4].

AVANT PROPOS :

Dans le cadre de la Directive 2008/50/CE [5], les AASQA sont amenées à surveiller les particules dans l'air ambiant. Ce guide doit faciliter la prise de décision concernant la mise en place de cette surveillance par les AASQA en synthétisant l'ensemble des procédures d'assurance et de qualité préconisées au niveau français (constructeurs, distributeur et LCSQA) et européen pour les appareils homologués fonctionnant sur le principe de la mesure par atténuation de rayonnement Bêta. Il revient à chaque AASQA de les mettre en œuvre selon la périodicité indiquée, de les documenter et de mettre en place les actions correctives adéquates en cas de non respect des exigences minimales. Pour ce faire, le LCSQA continuera son travail de centralisation des retours d'expérience AASQA et de synthèse des problèmes rencontrés et solutions trouvées au travers de rapports annuels et des réunions d'échanges. Toutes remarques et propositions de corrections de ce guide sont les bienvenues et peuvent être adressées directement aux auteurs.

1. SURVEILLANCE DES PM₁₀ ET PM_{2.5} DANS L'AIR AMBIANT PAR L'UTILISATION DES JAUGES RADIOMETRIQUES MP101M D'ENVIRONNEMENT SA

A ce jour, près de 130 jauges bêta MP101M sont installées et fonctionnent sur l'ensemble du territoire français depuis maintenant plus de 15 ans et trois générations d'appareils coexistent actuellement au sein des AASQA (voir Figure 1). La majorité du parc est couverte par les versions « LCD » et « LCD - New ».



Figure 1 : Différentes générations de MP101M pouvant effectuer la surveillance de la matière particulaire sur le sol français

1.1 Installation sur site

L'installation initiale des appareils MP101M d'Environnement SA destinés à la surveillance réglementaire des particules en suspension doit se faire dans les conditions suivantes :

- Version de soft : **V3.6.f ou ultérieure** ;
- Installation dans des **stations climatisées** dont la température maximale recommandée **ne dépasse pas 26°C** ;
- Utilisation d'un conduit de prélèvement de type **RST modifié** (c'est-à-dire avec chauffage du conduit sur un mètre) de longueur appropriée à la configuration de la station (1, 2 ou 2,75 mètres) ;
- Afin de limiter l'intrusion d'eau liquide dans la ligne de prélèvement et dans l'instrument, il est recommandé d'**utiliser des têtes dites « à chevrons »** (cf. Annexe 1, Figure A1.1-a), présentant les mêmes caractéristiques de coupure que les anciennes têtes dites « plates », mais ayant l'avantage de protéger plus efficacement la ligne de prélèvement contre les infiltrations d'eau dans les environnements soumis à des pluies rasantes ou à d'intenses dépressions orageuses (bord de mer, DOM-TOM et/ou zone montagneuse par exemple) ;
- **Mise à la masse du conduit RST** recommandée voire obligatoire dans certaines configurations de stations (présence de lignes à haute tension, épisodes orageux fréquents, etc...). La mise à la masse du châssis de l'appareil ne fait l'objet d'aucune recommandation spécifique de la part d'Environnement SA ;
- **Conditionnement du compteur Geiger** par la réalisation d'une série d'au moins 10 tests jauge (voir paragraphe 1.2.3.6-a ci-après).

1.2 Contrôles et maintenances (préventive, curative)

1.2.1 Synthèse des maintenances et contrôles

Le Tableau 1 présente l'ensemble des actions de contrôle et de maintenance à réaliser, ainsi que la périodicité minimale permettant de garantir un fonctionnement optimal des MP101M sur site en association avec les tests QA/QC (cf. § 1.3).

Tableau 1 : Synthèse des contrôles et maintenances à mettre en place pour l'utilisation de la jauge radiométrique MP101M d'Environnement SA

Point de maintenance	Fréquence de réalisation	Exigence minimale à satisfaire	Paragraphe
Nettoyage de la tête de prélèvement	Tous les 3 mois (ou plus si le site est soumis à des conditions d'empoussièrement importantes)	-	1.2.2.1
Nettoyage du conduit de prélèvement	En fonction du site – Conseillée annuellement	-	1.2.2.1
Remplacement du ruban filtre	Si contenu de la bobine insuffisant (ou lorsqu'une alarme « fin papier » ou « papier déchiré » s'affiche)	Capacité de la bobine suffisante pour des mesures jusqu'au passage N+2	1.2.2.2

Vérification du joint à lèvres entre le conduit de prélèvement et l'appareil	A chaque passage	Pas d'altération visuelle de l'état (craquelure, ternissement, etc.) Point pouvant être lié au test d'étanchéité (§ 1.3.2)	1.2.2.3
Contrôle du groupe de pompage	Annuelle pour les pompes à palettes et bisannuelle pour les pompe bicorps	A relier au contrôle de débit (§ 1.3.2)	1.2.2.4
Vérification de la tension exercée sur le filtre	Annuelle ou lors du remplacement du ruban filtre	-	1.2.2.5

Contrôle	Fréquence de réalisation	Exigence minimale à satisfaire	Paragraphe
Vérification de l'homogénéité des taches de prélèvement sur le ruban filtre	A chaque passage	- Contour des taches circulaire et bien défini - Distance moyenne séparant les 10 dernières taches, identique à la distance moyenne du mois précédent (± 2 mm)	1.2.3.1
Vérification de l'horloge	A chaque passage	Ecart par rapport à UTC (ou UTC $\pm x$ heures) $\leq \pm 2$ minutes	1.2.3.2
Vérification des messages d'erreur	A chaque passage	Pas de message d'erreur en cours ou en historique	1.2.3.2
Test de contamination	A la mise en service puis périodiquement (mensuellement voire à chaque passage en station) afin de renseigner la fiche de vie destinée à l'ASN	Comptage avec source en position « aspiration » ➤ ≤ 30 coups/s pour les sources ^{14}C à 3,67 MBq ➤ ≤ 25 coups/s pour les sources ^{14}C à 1,84 MBq	1.2.3.3
Vérification des paramètres électriques (signaux MUX)	Trimestrielle	Voir Annexe 5	1.2.3.4
Vérification de la stabilité du détecteur	Mensuelle	➤ Tension d'alimentation du détecteur = 600 ± 100 V ➤ Sur filtre vierge : ⊗ Ecart-type sur la moyenne (N=10) ≤ 10 coups/s ⊗ $ \text{Moyenne}_{t=0} - \text{Moyenne}_{t=1\text{mois}} \leq 200$ coups/s	1.2.3.5
Contrôle jauge (test jauge + test masse)	A la mise en service puis semestrielle	➤ Masse moyenne mesurée sur filtre vierge (N=5) $\leq 5 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ ➤ Coefficient de variation (N=5) $\leq 2,5 \%$ ➤ $\text{Moyenne}_{t=0} - \text{Moyenne}_{t=6\text{mois}} \leq 400$ coups/s ➤ Ecart entre masse moyenne mesurée et masse cale étalon $\leq \pm 30 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ ➤ Ecart-type sur la moyenne (N=5) $\leq 15 \mu\text{g}/\text{cm}^2$	1.2.3.6

1.2.2 Maintenance

1.2.2.1 Têtes et conduits de prélèvement

Afin de garantir l'efficacité de coupure des têtes de prélèvements PM₁₀ et PM_{2.5} ainsi que la conservation du prélèvement lors de son acheminement jusqu'à l'analyseur, il est nécessaire que l'ensemble de la tête de prélèvement soit exempte de corps étrangers (poussières ou insectes) et que le conduit de prélèvement soit exempt de dépôts graisseux et de poussières. Ainsi un nettoyage au minimum tous les 3 mois de la tête de prélèvement (et du cyclone le cas échéant) et tous les ans du conduit sont indispensables. En fonction du degré d'empoussièrement et des conditions d'installation de l'appareil (ex : accès à la tête de prélèvement) auxquels est soumis le site de mesure, il convient d'adapter ces périodicités.

Les procédures associées à ces nettoyages sont données en Annexe 1.

1.2.2.2 Remplacement de la bobine de ruban filtre

Le ruban filtre en fibre de quartz sur lequel sont collectées les particules échantillonnées par la MP101M est un consommable dont il convient de vérifier le contenu restant à chaque passage. Lors de chaque passage en station, il faut tout d'abord vérifier qu'il n'y ait pas d'alarmes « fin de papier » ou « papier déchiré » actives. Puis il convient de s'assurer que la bobine contient encore suffisamment de papier pour effectuer les mesures jusqu'au passage N+2. Pour information, la durée indicative d'utilisation d'une bobine neuve en cycle 24 heures et mesure périodique 2h est supérieure à l'année.

En cas de papier déchiré ou de bobine à remplacer, il convient de suivre la procédure indiquée en Annexe 2.

1.2.2.3 Vérification du joint à lèvres entre le conduit de prélèvement et l'appareil

Le joint à lèvres qui assure l'étanchéité entre le conduit de prélèvement et l'entrée de l'appareil est un élément souple qui est soumis à des contraintes tant mécaniques que liées à l'environnement de la station. Pour garantir une étanchéité optimale de l'ensemble il convient d'inspecter visuellement l'état d'usure de cet élément à chaque passage dans la station. Les points d'attention doivent se porter sur les éléments qui pourraient laisser présager d'un vieillissement du joint et notamment sur la présence de microfissures, sur un aspect poreux ou friable du matériau ou encore sur un ternissement de la couleur. En cas de doute, il convient de remplacer le joint et de procéder à un test d'étanchéité (voir paragraphe 1.3.2) dont l'échec peut être dû à ce joint à lèvres défectueux.

1.2.2.4 Contrôle du groupe de pompage

Le groupe de pompage associé à un analyseur MP101M doit garantir une bonne régulation du débit de prélèvement et le bon fonctionnement du circuit fluide. Pour cela, il est nécessaire de procéder à des actions de maintenance préventive à une fréquence qui est à définir en fonction du type de pompe utilisée. Ainsi, la fréquence de maintenance des pompes dites « à palettes » (pompe type Picolino par exemple) est annuelle alors que la fréquence de maintenance des pompes à membrane bicorps (de marque KNF par exemple) est de 2 ans. Il est nécessaire de suivre les procédures établies par les constructeurs et de veiller à l'approvisionnement en « kit

de maintenance pompe ». Des procédures de contrôle sont données en Annexe 6 pour les 2 types de pompes généralement les plus utilisés avec les MP101M.

1.2.2.5 Vérification de la tension exercée sur le filtre

La procédure de vérification de la tension exercée sur le ruban filtre, telle que présentée en Annexe 7, est une simple vérification qui doit être réalisée à la suite du remplacement du ruban filtre (cf. paragraphe 1.2.2.2), du constat d'inhomogénéité des taches de prélèvement sur le ruban filtre (cf. paragraphe 1.2.3.1) ou de façon annuelle pour garantir une avancée optimale du ruban et éviter le déchirement de celui-ci.

1.2.3 Contrôles

1.2.3.1 Vérification de l'homogénéité des taches de prélèvement sur le ruban filtre

Lors de chaque passage dans la station (ou au moins de façon mensuelle), il convient de vérifier l'homogénéité des taches de prélèvement de poussières sur le ruban filtre. Cette vérification s'effectue en 2 étapes :

- Inspecter visuellement l'allure des dernières taches de poussières prélevées sur le ruban filtre. Le contour de celles-ci doit être le plus homogène possible. Une tache de forme non-homogène (= non-circulaire) pourrait laisser présager d'une fuite au niveau de la jonction tube-appareil. Pour information, le diamètre de la tache donné par le constructeur est de 17,4 mm ;

- A l'aide d'un mètre ruban ou d'un réglet vérifier que l'écartement moyen entre les 10 dernières taches est identique à celui mesuré le mois précédent avec une tolérance de ± 2 mm. Un écartement plus ou moins important pourrait laisser présager d'un dérèglement de l'embrayage des bobines de papier (voir paragraphe 1.2.2.5 pour le réglage). Pour information, la distance entre 2 taches fournies par le constructeur est de 23 mm.

1.2.3.2 Vérification de l'horloge et des messages d'erreur

Lors de chaque passage dans la station ou au moins de façon mensuelle, il convient de vérifier que l'heure et la date affichées sur l'appareil sont concordantes avec les données UTC (« Coordinated Universal Time ») ou UTC $\pm x$ heures. Un écart entre la valeur affichée sur l'appareil et la valeur de référence (UTC) supérieur à ± 2 minutes, requiert un ajustement de l'heure sur l'appareil selon la procédure indiquée en Annexe 3.

Par ailleurs, il convient également de vérifier qu'il n'y a pas de messages d'erreur en cours ou des messages d'erreur récents dans l'historique. Les messages d'erreur sont liés à un dysfonctionnement de l'appareil (température, colmatage, pression, débit, etc.) qu'il convient d'analyser et auquel il faut remédier en mettant en place les actions correctives adéquates telles que présentées dans le tableau 5-1 de la notice constructeur de l'appareil (voir Annexe 3).

1.2.3.3 Test de contamination

L'analyseur MP101M permet de réaliser un test de contamination éventuelle (perte d'intégrité de la source radioactive). Afin de garantir l'absence de risque d'exposition du personnel et en lien avec les exigences du système centralisé de sources

radioactives géré par le LCSQA, une surveillance d'ambiance doit être réalisée selon une périodicité donnée (au minimum une fois tous les mois, voire à chaque passage en station) en suivant la procédure décrite en Annexe 4. Les valeurs obtenues en suivant cette procédure permettent d'une part de vérifier que la tension d'alimentation du compteur Geiger-Müller est comprise entre 500 et 700 V ce qui indique un fonctionnement optimal de cet élément. D'autre part, la procédure permet de vérifier que la valeur de comptage obtenue lorsque la source est en position « aspiration » est inférieure à 30 coups/s pour les sources ^{14}C à 3,67 MBq et à 25 coups/s pour les sources ^{14}C à 1,84 MBq ce qui indique que l'intégrité de la source radioactive n'est pas atteinte.

L'ensemble de ces valeurs doivent être consignées dans un registre permettant d'assurer un suivi des paramètres dans le temps.

1.2.3.4 Vérification des paramètres électriques (signaux MUX)

Pour le suivi du fonctionnement de l'analyseur, il est intéressant de relever et de consigner trimestriellement les signaux électriques mesurés sur le multiplexeur (encore appelés signaux MUX) et de comparer les valeurs aux plages données dans la fiche de tests reçue à la livraison de l'appareil. Pour information, un tableau rassemblant ces valeurs caractéristiques est donné en Annexe 5 pour la dernière génération d'appareil MP101M « New ».

1.2.3.5 Vérification de la stabilité du détecteur Geiger-Müller

Pour le suivi du fonctionnement de l'analyseur et plus particulièrement de la stabilité du détecteur, il est intéressant de mettre en place une carte de contrôle sur les signaux du compteur Geiger-Müller avec un relevé mensuel des paramètres suivants :

- comptage sur filtre vierge (comptage blanc) ;
- tension d'alimentation du compteur.

Les paramètres à vérifier sont que :

- l'écart-type associé à la mesure instantanée de 10 comptages effectués sur une portion vierge de filtre est ≤ 10 coups/s ;
- l'écart absolu entre la valeur moyenne relevée et la valeur moyenne du mois précédent est ≤ 200 coups/s ;
- la tension d'alimentation du compteur Geiger-Müller est comprise dans une plage 500-700 V.

Le non-respect d'un des 2 premiers critères est généralement corrélé avec une dérive du détecteur. Pour s'en assurer il convient de réaliser un « test masse » (voir paragraphe 1.2.3.6-b).

Le non-respect du dernier critère peut être corrélé à un défaut d'alimentation.

La mise en place d'une carte de contrôle sur l'ensemble de ces 3 paramètres permet d'évaluer la dérive sur le long terme et par conséquent d'anticiper une maintenance curative sur le détecteur.

1.2.3.6 Contrôle de la jauge Bêta

Le contrôle de la jauge Bêta est à effectuer à la mise en service de l'appareil sur un site puis à raison de 2 fois par an. Il comprend 2 étapes distinctes qui vont permettre de vérifier la stabilité des mesures de masse effectuées par la jauge Bêta. La première étape (« test jauge ») consiste à réaliser une série de mesures sur une

portion de filtre vierge. La seconde étape (« test masse ») consiste à réaliser une série de mesures sur une cale étalon de densité surfacique connue.

a- « Test jauge »

Il permet de contrôler le niveau du zéro du système dans son intégralité. Ce test est également à placer en diagnostic d'un test de vérification du zéro non-satisfaisant (voir paragraphe 1.3.4). Il est réalisé sur une série de 6 mesures effectuées sur une unique portion de ruban filtre vierge (mesure de blancs). Les critères à vérifier sont :

- la moyenne sur les 5 dernières valeurs de la série (la première valeur est écartée) est $\leq 5 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ et le coefficient de variation $\leq 2,5 \%$;
- l'écart entre la moyenne effectuée sur les 5 dernières valeurs de la série et la moyenne déterminée lors du test jauge précédent (i.e. celle effectuée 6 mois auparavant) est inférieur à 400 coups/s.

Si l'un ou ces critères ne sont pas satisfaits, il convient de réitérer l'essai (jusqu'à 3 essais). En complément, si seul l'écart par rapport à la valeur moyenne depuis le test jauge précédent n'est pas satisfaisant, il faut effectuer un test de contamination (cf. paragraphe 1.2.3.3) pour vérifier que la source ^{14}C n'est pas endommagée. Si aucune des solutions présentées précédemment n'apporte d'amélioration, un bruit élevé au niveau du détecteur Geiger-Müller peut être la cause et son remplacement devra être envisagé.

b- « Test masse »

Ce test permet de vérifier la stabilité de la mesure de masse effectuée sur une cale étalon dont la densité surfacique est connue. Il est réalisé sur une série de 5 mesures de masse, chacune précédée d'une mesure de blanc réalisée sur filtre ruban vierge.

Les critères à vérifier sont :

- l'écart entre la moyenne effectuée sur les 5 valeurs de la série et la valeur de masse indiquée sur la cale étalon est $\leq \pm 30 \mu\text{g}/\text{cm}^2$,
- l'écart-type sur la moyenne des 5 valeurs de la série est $\leq 15 \mu\text{g}/\text{cm}^2$

Si l'un ou l'autre de ces critères ne sont pas satisfaisants, il convient de réitérer le test une nouvelle fois et si le résultat n'est toujours pas satisfaisant, il faut procéder à un nouvel étalonnage de la jauge Bêta (voir paragraphe 1.3.3).

1.3 Assurance Qualité / Contrôle Qualité (QA/QC)

Le Tableau 2 ci-dessous présente les contrôles métrologiques à réaliser ainsi que leurs fréquences pour garantir un fonctionnement optimal de la jauge radiométrique MP101M pour la surveillance réglementaire des PM_{10} et $\text{PM}_{2.5}$. Ils permettent également d'assurer le maintien de l'équivalence à la méthode de référence gravimétrique. Les fréquences de réalisation des contrôles sont à appliquer pour tous les appareils qui fonctionnent en continu sur un site fixe. 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 appareils ainsi que sur les appareils fonctionnant dans des moyens mobiles. L'ensemble des contrôles est à réaliser à chaque (ré)-installation.

Chaque dépassement des exigences minimales à satisfaire constaté lors d'un contrôle doit donner lieu à une validation environnementale étendue aux données antérieures. La personne habilitée juge alors de la nécessité d'invalider ou non ces données. En aucun cas, une correction des données antérieures ne pourra être réalisée sur le simple résultat d'un contrôle ou d'un étalonnage.

Tableau 2 : Récapitulatif des critères et contrôles QA/QC à appliquer à la jauge radiométrique MP101M d'Environnement SA

Contrôles / Etalonnage	Fréquence de réalisation	Lieu de réalisation	Exigence minimale à satisfaire	Paragraphe
Vérification des sondes de température, pression et humidité relative	Trimestrielle la première année de mise en service puis cette fréquence peut passer à annuelle lorsqu'un historique suffisant a démontré que les écarts restaient conformes aux exigences	Labo / site	<ul style="list-style-type: none"> ➤ $T_{\text{référence}} - T_{\text{sonde}} \leq 2^{\circ}\text{C}$ ➤ $P_{\text{référence}} - P_{\text{sonde}} \leq 1 \text{ kPa}$ ➤ $HR_{\text{référence}} - HR_{\text{sonde}} \leq 5\%$ ⚡ Si $HR \leq 60\%$ ⇒ $T_{\text{tête}} = T_{\text{atmosphérique}}$ ⚡ Si $HR > 60\%$ ⇒ $T_{\text{tête}} = T_{\text{atmosphérique}} + 5^{\circ}\text{C}$ 	1.3.1
Etalonnage des sondes de température, pression et humidité relative	Annuellement ou si une dérive est constatée lors des vérifications trimestrielles	Labo / site	<ul style="list-style-type: none"> ➤ $T_{\text{référence}} - T_{\text{sonde}} > 2^{\circ}\text{C}$ ➤ $P_{\text{référence}} - P_{\text{sonde}} > 1 \text{ kPa}$ ➤ $HR_{\text{référence}} - HR_{\text{sonde}} > 5\%$ 	1.3.1
Contrôle du débit	Tous les 3 mois et lors du changement de ruban filtre	Site	$ \text{Débit}_{\text{réf.}} - \text{Débit}_{\text{MP101M}} \leq 1,5 \text{ L/min}^{\text{a}}$ (soit environ 10%)	1.3.2
Test d'étanchéité	Tous les 3 mois (pendant un an après l'installation) puis tous les 6 mois et lors du changement de ruban filtre	Site	$\text{Débit}_{\text{MP101M}} \leq 5 \text{ L/min}$	1.3.2
Etalonnage / ajustage du débit d'aspiration	- A l'installation, puis annuellement - Après remplacement du ruban filtre - Si le test de débit ne donne pas de résultat correct	Site	$ \text{Débit}_{\text{réf.}} - \text{Débit}_{\text{MP101M}} \leq 5\%^{\text{a}}$ (soit 0,05 m ³ /h ou 0,8 L/min)	1.3.2
Etalonnage / ajustage de la jauge Bêta	- A l'installation puis tous les 6 mois, - après remplacement du ruban filtre, - après remplacement du détecteur ou de la source - si un test masse (cf. § 1.2.3.6-b) ne donne pas de résultat correct	Labo / site	Ecart entre masse moyenne mesurée et masse cale étalon $\leq \pm 30 \mu\text{g/cm}^2$	1.3.3

^a La spécification technique XP CEN/TS 16450 spécifie des exigences minimales de 5% pour le contrôle de débit et de 1% pour l'étalonnage. Dans l'attente de la validation de faisabilité par les tests actuellement menés par le CEN et pour limiter les durées de tests (compte-tenu du système de régulation de débit de la MP101M), il a été choisi de maintenir la valeur de la version précédente du guide MP101M [9]

Contrôles / Etalonnage	Fréquence de réalisation	Lieu de réalisation	Exigence minimale à satisfaire	Paragraphe
Vérification de la linéarité	Annuelle à bisannuelle	Labo / site	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Pente de régression = $1 \pm 0,05$ ➤ Ordonnée à l'origine $\leq 50 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ ➤ Coefficient de régression $R^2 \geq 0,95$ 	1.3.3
Test de vérification du zéro (blanc instrument)	A l'installation puis annuellement	Site	<ul style="list-style-type: none"> ➤ $\text{Moyenne}_{\text{blanc}} (N=12) \leq 3 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ ➤ Ecart-type sur la moyenne $(N=12) \leq 3 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ 	1.3.4

1.3.1 Vérification et étalonnage des sondes de température, de pression et d'humidité relative

Afin de garantir un fonctionnement correct de l'appareil, les capteurs de température, de pression et d'humidité relative doivent être contrôlés trimestriellement durant la première année d'utilisation. En l'absence de dérive la première année d'utilisation, la périodicité de vérification pourra être étendue à un an^b. La vérification doit s'effectuer au regard de dispositifs raccordés à l'étalon national et pour lesquels les incertitudes données pour un niveau de confiance à 95% sont :

- $\leq 1,5^\circ\text{C}$ pour la température,
- $\leq 0,5 \text{ kPa}$ pour la pression,
- $\leq 3,0\%$ pour l'humidité relative.

Cette vérification permet de s'assurer de la concordance des valeurs de température, de pression atmosphériques et d'humidité relative par rapport aux valeurs données par ces sondes de référence. Les critères à vérifier sont :

- Humidité relative : la différence absolue entre la valeur lue sur le capteur d'humidité relative et la sonde de référence doit être $\leq 5\%$,
- Température atmosphérique : la différence absolue entre la valeur lue sur le capteur de température et la sonde de référence doit être $\leq 2^\circ\text{C}$,
- Pression atmosphérique : la différence absolue entre la valeur lue sur le capteur de pression et la sonde de référence doit être $\leq 1,5 \text{ kPa}$,
- Température de tête (c'est-à-dire la température mesurée dans le conduit RST) : si l'humidité relative est inférieure à 60%, cette valeur doit être égale à la valeur de la température atmosphérique sinon elle doit être égale à la valeur de la température atmosphérique $+5^\circ\text{C}$.

Si l'un (ou plusieurs) des critères précédents n'est (ou ne sont) pas satisfaisant(s), il faut procéder à un ajustement des coefficients de linéarisation A et B du (ou des) capteur(s) identifié(s) en suivant le protocole suivant :

↪ remplacer les coefficients A et B des capteurs défectueux dans le menu « Menu général ⇒ Carte(s) I2C ⇒ Carte RST » où :

- $A = 1 / \text{pente}$; avec la pente donnée en $\text{mV}/\% \text{HR}$ dans le cas d'un capteur d'humidité relative et en $\text{mV}/^\circ\text{C}$ dans le cas d'un capteur de température,
- $B = - \text{ordonnée à l'origine} \times 1000 / \text{pente}$; avec l'ordonnée à l'origine donnée en V quel que soit le capteur et la pente comme définie ci-dessus.

^b La spécification technique XP CEN/TS 16450 préconise une fréquence de contrôle trimestrielle. Compte-tenu du retour d'expérience sur la fiabilité des capteurs, il paraît cohérent de pouvoir effectuer ce contrôle annuellement après avoir effectué un suivi rigoureux, selon la périodicité préconisée par la TS durant la première année de mise en service.

Si lors de la vérification suivante, une dérive est de nouveau relevée, il convient de contacter le fournisseur et de procéder au remplacement des capteurs.

1.3.2 Contrôle du débit de prélèvement, vérification de l'étanchéité du système et étalonnage du capteur de débit

Il convient que les contrôles du débit de prélèvement soient réalisés en utilisant un débitmètre raccordé au niveau national et dont l'incertitude relative élargie à un niveau de confiance de 95% soit $\leq 2\%$ (en conditions de laboratoire).

Le critère à vérifier est que l'écart absolu entre le débit mesuré avec l'instrument de référence et le débit indiqué par l'analyseur soit $\leq 10\%$ (soit pour un débit nominal de prélèvement de $1\text{ m}^3/\text{h}$, un écart absolu $\leq 0,1\text{ m}^3/\text{h}$ ou $1,5\text{ L}/\text{min}$).

Si une dérive par rapport au critère précédant est relevée, il convient de lancer une procédure de recherche des fuites sur le circuit fluide en réalisant un test d'étanchéité se concentrant sur les points névralgiques de l'analyseur à savoir :

- raccord entre la canne de prélèvement et l'analyseur (au niveau du joint à lèvres),
- au niveau du filtre ruban (pression ressort insuffisante),
- au niveau du Geiger (silicone craquelé).

Dans un second temps, il convient de procéder à un étalonnage du capteur de débit (voir l'ensemble des procédures en Annexe 8).

Par ailleurs, le test de fuite du système dans son intégralité (i.e. analyseur + ligne de prélèvement RST) doit être réalisé à chaque nouvelle installation d'appareil ou lors du changement de ruban filtre ainsi qu'en suivi préventif tous les 3 mois dans l'année qui suit l'installation de l'appareil puis tous les 6 mois^c en suivant la procédure indiquée en Annexe 8. En complément, un test d'étanchéité pourra être réalisé sur la MP101M uniquement avant l'installation de la ligne RST ou lors de son nettoyage.

1.3.3 Etalonnage de la jauge Bêta et vérification de la linéarité

La vérification de l'étalonnage de la jauge Bêta ainsi que son éventuel ajustement doit être effectué lors d'une nouvelle installation de l'appareil puis tous les 6 mois dans les conditions usuelles de fonctionnement ainsi qu'à la suite du remplacement du ruban filtre, du détecteur, de la source ou à l'issue d'un test masse insatisfaisant (cf. 1.2.3.6-b). Par ailleurs, une fois par an ou au moins tous les 2 ans, il est recommandé de vérifier la linéarité de la mesure de masse à l'aide d'un jeu de 3 cales étalon fournies par le LCSQA-Mines Douai.

L'ensemble des procédures exactes de réalisation de ces actions est présenté en Annexe 9.

1.3.4 Test de vérification du zéro (blanc instrument)

La vérification du zéro (ou blanc) d'instrument constitue un moyen simple de s'assurer de l'absence de contamination/pollution du système dans son intégralité (analyseur et conduit de prélèvement) et de la stabilité des mesures effectuées par la

^c Compte tenu de l'importance de l'étanchéité du système dans la détermination de la concentration en particules, il est recommandé de réduire la périodicité annuelle recommandée par la spécification technique XP CEN/TS16450. Ainsi durant la première année d'utilisation suivant l'installation d'un appareil, le test d'étanchéité devra être réalisé tous les 3 mois puis en l'absence de fuite, la périodicité du contrôle pourra être passée à 6 mois en maintenant un contrôle du débit tous les 3 mois.

jauge Bêta. Il est indispensable de réaliser cette vérification sur site^d, à l'installation de l'instrument puis une fois par an à la suite de la maintenance annuel et d'un test d'étanchéité du système dans son intégralité. Compte-tenu de la sensibilité du filtre à l'humidité, il convient de réaliser l'essai en dehors des périodes de fortes pluies. Le filtre spécifique qu'il convient d'utiliser est un filtre HEPA dont voici des exemples de référence :

- Fournisseur : Pall, référence : Ultipor N66 DFA 4001 NAEY,
- Fournisseur : Whatman, référence : HEPA-CAP 150/2809.

La procédure exacte est indiquée en Annexe 10.

Il convient de réaliser une séquence de 15 mesures d'une durée de 2 heures et de vérifier les critères suivants :

- Moyenne des 12 dernières valeurs (les 3 premières sont éliminées) se situant dans l'intervalle $\pm 3 \mu\text{g}/\text{m}^3$;
- Ecart-type sur la moyenne (N=12) $\leq 3 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Si l'un (ou plusieurs) des critères précédents n'est (ou ne sont) pas respecté(s), il convient d'effectuer un test jauge pour vérifier qu'il ne s'agit pas d'une instabilité liée au système de détection (Geiger) ou à la source radioactive (voir § 1.2.3.6), de s'assurer de la bonne qualité du filtre HEPA utilisé (refaire le test avec un filtre neuf) et de vérifier qu'il n'y a pas eu un épisode de pollution important durant le test (étude des stations à proximité).

1.4 Rendu des résultats

1.4.1 Validation des données

En ce qui concerne la validation quotidienne des données fournies par la MP101M d'Environnement SA, il convient de se reporter au guide ADEME « Validation des données », 2003 [6]. Cette validation se déroule selon 2 étapes distinctes pour la réalisation desquelles le personnel devra être formé et habilité :

- Validation technique,
- Validation environnementale.

Il est prévu une mise à jour de ce guide à partir de 2014.

1.4.1.1 Validation technique

Il relève de la responsabilité du réseau de surveillance de valider les données brutes obtenues. Ces données se composent généralement d'une part des données « concentration périodique 2h » et d'autre part des données journalières « concentration cyclique 24h ». Il est nécessaire de valider en mesures cycliques 24h les paramètres suivants selon les préconisations présentées dans le Tableau 1 et ainsi de veiller à :

- la bonne régulation de la température dans la station ($\leq 26^\circ\text{C}$) ;
- l'homogénéité de la tache de prélèvement ;
- la stabilité du détecteur (carte de contrôle sur la tension d'alimentation et le comptage sur filtre vierge) ;

^d Bien que la spécification technique XP CEN/TS16450 laisse la possibilité de réaliser cette vérification en laboratoire, l'expérience a montré la nécessité de réaliser cette vérification impérativement sur site (influence des caractéristiques environnementales sur le résultat, impossibilité de démonter la ligne de prélèvement RST).

- la stabilité de la réponse lors des tests jauge et masse (vérification sur filtre vierge et cale étalon).

Par ailleurs, l'enregistrement de paramètres tels que le débit d'échantillonnage, la température, la pression et l'humidité relative ambiantes ainsi que la température « tête » peuvent aider à la validation des données de concentrations cycliques 24h. Enfin, il convient que l'affichage des messages d'alarme de l'instrument soit contrôlé.

1.4.1.2 Validation environnementale

L'étude environnementale permet de prendre en compte, lors de la validation des données, d'éventuels phénomènes périodiques et/ou locaux particuliers (conditions météorologiques, sources locales...). Il convient alors de vérifier la cohérence de l'évolution temporelle de la concentration périodique 2h. Ces valeurs sont en théorie toujours positives et les variations temporelles sont fonction du type de site (nature des sources) et des conditions climatiques (dynamique atmosphérique). Néanmoins, des valeurs négatives peuvent être notées sur les valeurs des 2 à 3 premières périodes 2h d'un cycle 24h notamment pour les masses d'air très faiblement chargées en particules, pendant les périodes de mesure du zéro instrument ou pour des écarts d'humidité relative importants et rapides (période de brusque pluie type orage). Ce type de valeurs n'est pas forcément révélateur d'un dysfonctionnement de l'instrument mais plutôt de mesures effectuées dans des conditions pour lesquelles l'analyseur est en-dessous de sa limite de détection (affiché à $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour une période 2h).

Par ailleurs, lorsque sur le même site les concentrations en PM_{10} sont légèrement inférieures aux concentrations en $\text{PM}_{2.5}$, il revient à l'expert, compte tenu du calcul d'incertitudes propre à chacun des appareils, de définir le seuil à partir duquel il convient de mettre en place une action corrective et/ou d'invalider les données.

Enfin comme précisé dans la spécification technique XP CEN/TS16450, si des doutes subsistent quant à la validité des données, il peut être intéressant de comparer les données avec celles des concentrations de polluants corrélées à celles de la matière particulaire ou encore de comparer les données avec celles recueillies dans d'autres stations (pas forcément à proximité immédiate du site).

1.4.2 Expression des résultats

Les données brutes collectées doivent être exemptes de données saisies pendant les périodes de maintenance normale de l'analyseur, de données erronées ou aberrantes pour des raisons plausibles, de données recueillies pendant les étalonnages et de données en dessous de la limite de détection négative de l'analyseur.

Ces données doivent être rendues disponibles, en $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ et avec le même nombre de chiffre significatifs que dans le poste central.

Dans l'attente de recommandations spécifiques de la part de la CS « Mesures automatiques » et conformément au projet de guide pour le calcul des statistiques relatives à la surveillance de la qualité de l'air [7], il est proposé à l'AASQA :

- de traiter les valeurs brutes négatives comme elles l'étaient auparavant ;
- de comparer les données brutes PM_{10} « cycliques 24h » (arrondies à 2 chiffres significatifs selon la règle de l'arrondi commercial) à la valeur limite journalière pour les PM_{10} ($V_{L, 24h} = 50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) ;

- d'agrégier les valeurs brutes PM_{10} ou $PM_{2.5}$ « cyclique 24h » valides en en faisant la moyenne arithmétique (arrondie à 2 chiffres significatifs selon la règle de l'arrondi commercial) et de comparer le résultat avec les valeurs limites annuelles pour les PM_{10} ($V_{L, 1 \text{ an}} = 40 \mu\text{g.m}^{-3}$) et les $PM_{2.5}$ ($V_{L, 1 \text{ an}} = 25 \mu\text{g.m}^{-3}$). Pour que la moyenne annuelle soit considérée comme valide, la saisie des données doit être supérieure ou égale à 90 % du temps moyenné.

1.4.3 Estimation des incertitudes

Toute mesure effectuée par MP101M doit pouvoir être associée à une incertitude. L'incertitude (exprimée pour un intervalle de confiance de 95%) doit être calculée pour les mesures individuelles, et ne doit pas dépasser 25% au niveau de la valeur limite. Pour cela, les AASQA doivent mettre en application les recommandations du LCSQA retranscrites dans le Fascicule de Documentation FD-X43-070-6 [8] pour l'estimation des incertitudes sur les concentrations massiques de particules mesurées en automatique.

Les principales grandeurs d'entrée du modèle mathématique proposé par le LCSQA pour l'estimation de l'incertitude élargie d'une mesure réalisée par MP101M sont :

- la répétabilité de comptage sur filtre vierge (avant prélèvement) ;
- la répétabilité de comptage sur cale étalon ;
- l'écart de linéarité ;
- le coefficient d'absorption massique ;
- la durée de prélèvement ;
- le débit de prélèvement ;
- l'étalonnage de l'appareil ;
- la reproductibilité de la mesure sur site.

2. SURVEILLANCE DES PM₁₀ ET PM_{2.5} DANS L'AIR AMBIANT PAR L'UTILISATION DES JAUGES RADIOMETRIQUES BAM 1020 DE MET ONE

Depuis son ajout sur la liste du matériel homologué au niveau français pour la surveillance réglementaire des PM₁₀ et PM_{2.5} dans l'air ambiant, ce sont 105 jauges bêta BAM 1020 conçues par Met One, Inc. et distribuées en France par Envicontrol (voir Figure 2) qui ont été installées sur le territoire français.



Figure 2 : BAM 1020 homologuée pour la surveillance de la matière particulaire sur le sol français

2.1 Installation sur site

L'installation initiale des appareils BAM 1020 de Met One destinés à la surveillance réglementaire des particules en suspension doit se faire dans les conditions suivantes :

- Version de Soft : **version V3.6.3 ou ultérieure** ;
- Installation dans une **station climatisée** dont la température ne varie **pas de plus de 2°C/heure** et **n'atteint pas 40°C** ;
- Afin de limiter l'intrusion d'eau liquide dans la ligne de prélèvement et dans l'instrument, il est recommandé **d'utiliser des têtes dites « à chevrons »** (cf. Annexe 1, figure A1.1-a), présentant les mêmes caractéristiques de coupure que les anciennes têtes dites « plates », mais ayant l'avantage de protéger plus efficacement la ligne de prélèvement contre les infiltrations d'eau dans les environnements soumis à des pluies rasantes ou à d'intenses dépressions orageuses (bord de mer, DOM-TOM et/ou zone montagneuse par exemple) ;
- **Mise à la masse du conduit de prélèvement** recommandée voire obligatoire dans certaines configurations de stations (présence de lignes à haute tension, antennes radiofréquence, épisodes orageux fréquents, etc....) ;
- **Mise à la masse du châssis de l'appareil** ;
- Réglage de la **durée de comptage** quelle que soit la fraction particulaire à mesurer : **8 minutes** ;
- **Installation d'un système de chauffage dit « Smart Heater »** (réf. BX830) sur le tube de prélèvement et à 5 cm au dessus de la jonction avec l'appareil, isolation thermique du dispositif et des parties amont et aval ($\pm 30\text{cm}$) et

réglage du seuil de d'humidité relative à 45% au niveau duquel le système de chauffage se déclenchera pour les mesures de PM ;

- **Installation du cyclone PM_{2.5}** (« Very Sharp Cut Cyclone » - BGI VSCC™ - Réf. BX-808 ou Sharp Cut Cyclone SCC utilisé sur d'autres appareils - Réf. BX-807) sous la tête de PM₁₀ pour configuration de l'appareil en mesure PM_{2.5} ;
- Préchauffage de l'appareil pendant au moins une heure pour stabiliser le détecteur et les cartes électroniques associées ;
- Mise en place du ruban filtre ;
- Lancement d'une procédure d'auto-test qui vérifie le bon fonctionnement des dispositifs de contrôle de débit et du ruban filtre ;
- Réglage de l'horloge ;
- Vérification de l'étanchéité du système et contrôle du débit de prélèvement ;
- Réalisation d'un essai de vérification du zéro (cf. § 2.3.4).

2.2 Contrôles et maintenances (préventive, curative)

2.2.1 Synthèse des maintenances et contrôles

Le Tableau 3 présente l'ensemble des actions de contrôle et de maintenance à réaliser, ainsi que la périodicité minimale permettant de garantir un fonctionnement optimal des BAM 1020 sur site en association avec les tests QA/QC (cf. § 2.3).

Tableau 3 : Synthèse des contrôles et maintenances à mettre en place pour l'utilisation de la jauge radiométrique BAM 1020 de Met One, Inc.

Point de maintenance	Fréquence de réalisation	Exigence minimale à satisfaire	Paragraphe
Nettoyage de la tête de prélèvement	Tous les 3 mois ou plus si le site est soumis à des conditions d'empoussièrement importante	-	2.2.2.1
Nettoyage du cyclone de séparation PM _{2.5}	Tous les 3 mois ou plus si le site est soumis à des conditions d'empoussièrement importante	-	2.2.2.1
Nettoyage du conduit de prélèvement	En fonction du site – Conseillée annuellement	-	2.2.2.1
Remplacement du ruban filtre	Tous les 2 mois (en fonctionnement normal) et si erreur code « T »	-	2.2.2.2
Nettoyage du nez de la buse mobile et de la grille	Tous les 2 mois	-	2.2.2.3
Nettoyage de l'arbre du cabestan et du galet presseur	Tous les 2 mois	-	2.2.2.3

Nettoyage du filtre à débris interne	Tous les ans	-	2.2.2.4
Contrôle du groupe de pompage	Tous les 2 ans	-	2.2.2.5
Remplacement du silencieux de la pompe	Tous les 6 mois	-	2.2.2.5
Remplacement de la tubulure de la pompe	Curatif	Etanchéité du circuit fluidique	2.2.2.5
Remplacement des joints présents sur la tête de prélèvement et le cyclone	Curatif	Etanchéité du circuit fluidique	2.2.2.6
Remplacement des joints toriques de la buse mobile	Tous les 2 ans ou si alarme « N »	Etanchéité du circuit fluidique	2.2.2.6
Remplacement de la batterie lithium	Curatif	Enregistrement correct des paramètres	2.2.2.7

Contrôle	Fréquence de réalisation	Exigence minimale à satisfaire	Paragraphe
Inspection de la buse mobile	A chaque passage	Mouvement non freiné – Pas de changement de vitesse lors de l'exécution	2.2.3.1
Vérification de l'homogénéité des taches de prélèvement sur le ruban filtre	Mensuelle	Contour des taches circulaire et bien défini Pas de micro-perforation	2.2.3.2
Vérification de l'horloge	A chaque passage	Ecart par rapport à UTC (ou UTC \pm x heures) $\leq \pm 2$ minutes	2.2.3.3
Vérification des messages d'erreur	A chaque passage	Pas de message d'erreur en cours ou en historique	2.2.3.3
Test de contamination du bloc de détection Bêta	A la mise en service puis mensuellement afin de renseigner la fiche de vie destinée à l'ASN	Comptage sur 4 minutes ≤ 100 impulsions (« points »)	2.2.3.4
Exécution d'un auto-test	Tous les 2 mois	Affichage écran « SELF TEST PASSED »	2.2.3.5
Test du taux de comptage et du bruit du détecteur Bêta	Tous les ans	Comptage sur 4 minutes compris entre 600000 et 1100000 points	2.2.3.6

2.2.2 Maintenance

2.2.2.1 Tête, cyclone et conduit de prélèvement

Afin de garantir l'efficacité de coupure de la tête de prélèvement PM₁₀ et du cyclone de séparation PM_{2.5} ainsi que la conservation du prélèvement lors de son acheminement jusqu'à l'analyseur, il est nécessaire que l'ensemble du circuit fluidique en amont du ruban filtre soit exempt de corps étrangers (poussières ou insectes) ou de dépôts graisseux. Ainsi un nettoyage au minimum tous les 3 mois de la tête de prélèvement (et du cyclone le cas échéant) et tous les ans du conduit sont indispensables. En fonction du degré d'empoussièrement et des conditions d'installation de l'appareil (ex : accès à la tête de prélèvement) auxquels est soumis le site de mesure, il convient d'adapter ces périodicités.

Les procédures associées au nettoyage de la tête de prélèvement PM₁₀ et du conduit de prélèvement sont identiques à celles données en Annexe 1. En ce qui concerne le

nettoyage du cyclone, il convient de le démonter et de nettoyer chacune des pièces avec un chiffon non pelucheux (type lingette antistatique) puis de les souffler convenablement à l'air comprimé. Si des débris semblent difficilement retirables, il peut être utile de placer les pièces du cyclone dans un bain à ultrasons avec de l'eau savonneuse.

2.2.2.2 Remplacement de la bobine de ruban filtre

Le ruban filtre en fibre de quartz sur lequel sont collectées les particules échantillonnées par la BAM 1020 est un consommable qu'il convient de remplacer tous les 2 mois (période calculée pour une utilisation en continu de l'analyseur avec des durées nominales de cycle d'une heure). Lors de chaque passage en station, il faut tout d'abord vérifier qu'il n'y a pas d'alarmes code « T ».

En cas de papier déchiré ou de bobine à remplacer, il convient de suivre la procédure indiquée en Annexe 11.

N.B. : Compte-tenu de la durée d'utilisation maximale d'un ruban, il est important d'anticiper l'approvisionnement en ruban de rechange pour éviter la perte de données et de les stocker dans un endroit propre et sec.

2.2.2.3 Inspection et nettoyage du nez de la buse mobile, de la grille, du galet presseur et du cabestan

Pour éviter les fuites, le système de buse échantillon de la BAM 1020 doit être inspecté à chaque passage sur le site en vérifiant que :

- le mouvement vertical de la buse se fait sans difficulté et avec une vitesse identique à la vitesse habituelle,
- la buse vient bien se coller contre le ruban filtre lorsqu'elle est en position basse.

En complément, la buse et la grille (ou vanne) de maintien du ruban (située sous la buse) doivent être nettoyés au moins tous les 2 mois (avant le changement de ruban filtre) ou plus si l'environnement de mesure est particulièrement humide et chaud. Le nettoyage de ces éléments, du galet presseur et du cabestan s'effectue à l'aide d'un coton-tige en bois et d'isopropanol en suivant la procédure filmée disponible à cette adresse : <https://www.youtube.com/watch?v=7stQYjAqfOM&feature=youtu.be> ou la procédure indiquée en Annexe 12. Enfin, lors du transport de l'appareil, il convient de mettre en place les anneaux en mousse ainsi que la cale en plastique blanc pour bloquer les parties mobiles du bloc analytique.

2.2.2.4 Nettoyage du filtre à débris interne

Dans le circuit fluide en aval du ruban filtre et juste avant le dispositif de mesure du débit, se trouve un filtre « à débris » qui permet de protéger le débitmètre des résidus issu du ruban filtre. Il convient au moins une fois par an, de démonter cet élément, de le nettoyer pour le débarrasser des éventuelles accumulations de chutes de papier et de le sécher convenablement avant de le remettre en place.

2.2.2.5 Contrôle du groupe de pompage, des tubulures et du silencieux de la pompe

Les groupes de pompage qui peuvent être associés à un analyseur BAM 1020 sont la pompe Medo à piston (Medo USA, Inc. – réf. : BX-127) ou la pompe Gast à palettes (Gast Manufacturing, Inc. – réf. : BX-122). Selon le rapport d'équivalence

pour la mesure des PM_{2.5} au Royaume-Uni [10], la pompe Gast est la plus adaptée pour les installations électriques ayant une fréquence de courant de 50 Hz. Pour conserver des capacités de pompage optimales, il est nécessaire de procéder à des actions de maintenance préventive tous les 2 ans en suivant les procédures spécifiques définies par les fournisseurs et de veiller à l'approvisionnement en « kit de maintenance pompe ».

Il convient également d'inspecter visuellement l'état des tubulures qui vont de l'analyseur à la pompe afin d'éviter une usure prématurée de la pompe. Si des craquelures ou un vieillissement des matériaux sont constatés, il convient de procéder au remplacement de cet élément.

En complément, il convient de vérifier tous les 6 mois l'état des silencieux de pompe. Les silencieux en plastique gris sur les pompes Medo peuvent s'obstruer rapidement après plusieurs mois d'utilisation ce qui sollicite davantage la pompe. Le silencieux en laiton sur les pompes Gast doit être nettoyé régulièrement par soufflage ou passage en bain à ultrasons.

N.B. : Pour éviter l'obstruction des silencieux tout en maintenant un niveau acoustique convenable, il est également possible de remplacer le silencieux des pompes par un morceau de tube souple de 80-100 cm avec sortie avec l'extérieur pour éviter l'expulsion d'air chaud dans la station.

2.2.2.6 Remplacement des joints assurant l'étanchéité du système fluide

L'étanchéité du circuit fluide de l'ensemble analytique (tête de prélèvement, cyclone, ligne et analyseur) est assurée par la présence de plusieurs joints toriques qu'il convient de vérifier périodiquement et de remplacer si des problèmes d'étanchéité sont rencontrés. Ainsi, les joints présents sur le cyclone, au niveau du tube d'entrée et au niveau de la buse de la BAM 1020 sont souvent la cause de fuite. La procédure de remplacement des joints de la buse de la BAM 1020 est une opération délicate qui est présentée en Annexe 14.

2.2.2.7 Remplacement de la batterie lithium

La sauvegarde des données flash et le fonctionnement de l'horloge temps réel interne sont assurés par une batterie lithium qu'il convient de remplacer tous les 2 ans pour éviter la perte de données.

2.2.3 Contrôles

2.2.3.1 Vérification de l'homogénéité des taches de prélèvement sur le ruban filtre

Lors de chaque passage dans la station ou au moins de façon mensuelle, il convient de vérifier l'homogénéité des taches de prélèvement de poussières sur le ruban filtre. Cette vérification consiste à inspecter visuellement l'allure des dernières taches de poussières prélevées sur le ruban filtre. Le contour de celles-ci doit être le plus homogène possible, l'écartement entre les taches doit être constant et il ne doit pas y avoir de micro-perforation visible. Une tache de forme non-homogène (= non-circulaire) pourrait laisser présager d'une fuite au niveau de la jonction buse-papier.

La Figure 3 ci-dessous montre la différence entre des taches correctes et incorrectes. Ces défauts sont facilement corrigés et évités en maintenant la buse et la grille propres (voir § 2.2.2.3).

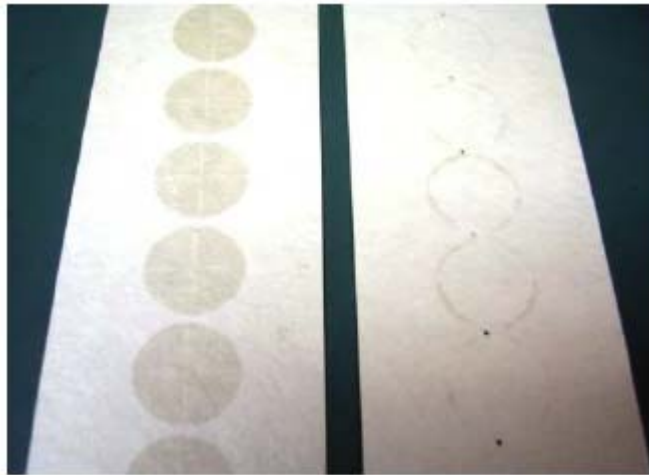


Figure 3 : A gauche, filtre ruban présentant des taches de prélèvement poussières correctes –
A droite, filtre ruban présentant des taches de prélèvement poussières incorrectes (micro-perforation, non-uniformité du contour de tache)

2.2.3.2 Vérification de l'horloge et des messages d'erreur

Lors de chaque passage dans la station ou au moins de façon mensuelle, il convient de vérifier que l'heure et la date affichées sur l'appareil sont concordantes avec les données UTC (« Coordinated Universal Time ») ou UTC \pm x heures. Un écart entre la valeur affichée sur l'appareil et la valeur de référence (UTC) supérieur à \pm 2 minutes, requière un ajustement de l'heure sur l'appareil selon la procédure indiquée en Annexe 13.

Par ailleurs, il convient également de vérifier qu'il n'y ait pas de codes d'erreur en cours ou de codes d'erreur récents dans l'historique. Les codes d'erreur sont liés à un dysfonctionnement de l'appareil (buse, débit, pression, etc.) qu'il convient d'analyser et auquel il faut remédier en mettant en place les actions correctives adéquates telles que présentées dans le tableau pages 57 à 60 de la notice constructeur de l'appareil [2] (voir Annexe 13).

2.2.3.3 Test de contamination du bloc de détection Bêta

Un test de contamination éventuelle (perte d'intégrité de la source radioactive) peut être réalisé sur l'analyseur BAM 1020. Afin de garantir l'absence de risque d'exposition du personnel et en lien avec les exigences du système centralisé de sources radioactives géré par le LCSQA, une surveillance d'ambiance doit être réalisée selon une périodicité donnée (au minimum une fois tous les mois, voire à chaque passage en station) en introduisant un obturateur spécifique (cale métallique Met One - réf. 8236) entre la source et le détecteur Bêta. Cette cale permet de bloquer les particules Bêta, et ainsi seuls les comptages générés par le bruit du détecteur ou les fuites anormales de la source ^{14}C vont être mesurés.

Le critère à vérifier est que la valeur du comptage sur 4 minutes est « \leq 100 impulsions (ou points) » (menu TEST>COUNT).

Cette valeur doit être consignée dans un registre permettant d'assurer un suivi dans le temps des paramètres dans le temps.

N.B. : Il peut être plus aisé de réaliser ce test en dégageant le ruban filtre pour éviter de le déchirer.

2.2.3.4 Exécution d'un auto-test

La BAM 1020 est dotée d'une fonction auto-test qui teste automatiquement la plupart des systèmes de contrôle de débit et de ruban de l'unité (position du galet presseur, déplacement avant et arrière du ruban filtre, mouvements verticaux de la buse, débit, état et tension du ruban, mouvement de la cale de référence). L'auto-test doit être effectué systématiquement juste après le remplacement du ruban filtre ou si l'opérateur soupçonne un problème avec l'appareil.

Pour lancer cette procédure, aller dans le menu TAPE>SELF TEST. L'opération dure quelques minutes et la BAM 1020 affiche en continu les résultats de chaque élément testé avec un « OK » pour les tests réussis ou un « FAIL » lorsqu'une erreur s'est produite. Si tous les éléments du test sont positifs, l'écran indique finalement « SELF TEST PASSED ». Si au contraire, un élément semble défectueux et nuit au bon fonctionnement de l'analyseur, l'écran indique « ERROR OCCURED ».

N.B. : De plus amples menus de diagnostic sont également disponibles dans la BAM 1020 et ceux-ci sont décrits dans la section « dépannage » du manuel [2].

2.2.3.5 Test du taux de comptage et du bruit du détecteur Bêta

Pour le suivi du fonctionnement de l'analyseur et plus particulièrement de la stabilité du détecteur, il est intéressant de mettre en place une carte de contrôle sur le comptage réalisé sur une portion de filtre vierge pendant 4 minutes. En lançant un essai dans le menu TEST>COUNT, le fonctionnement du détecteur Bêta et de la source ^{14}C peuvent être vérifiées séparément du reste des opérations mécaniques ou de débit. Le résultat du test affiche le nombre de particules Bêta accumulées dont la valeur doit être comprise entre 600 000 et 1 100 000 impulsions (ou points). Usuellement, la valeur mesurée sur les 4 minutes dépasse la valeur de 800 000 impulsions (ou points).

2.3 Assurance qualité / Contrôle qualité

Le Tableau 4 ci-dessous présente les contrôles métrologiques à réaliser ainsi que leur fréquence pour garantir un fonctionnement optimal de la jauge radiométrique BAM 1020 pour la surveillance réglementaire des PM_{10} et $\text{PM}_{2.5}$. Ils permettent également d'assurer le maintien de l'équivalence à la méthode de référence gravimétrique. Les fréquences de réalisation des contrôles sont à appliquer pour tous les appareils qui fonctionnent en continu sur un site fixe. 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 appareils ainsi que sur les appareils fonctionnant dans des moyens mobiles. L'ensemble des contrôles est à réaliser à chaque (ré)-installation.

Chaque dépassement des exigences minimales à satisfaire constaté lors d'un contrôle doit donner lieu à une validation environnementale étendue aux données antérieures. La personne habilitée juge alors de la nécessité d'invalider ou non ces données. En aucun cas, une correction des données antérieures ne pourra être réalisée sur le simple résultat d'un contrôle ou d'un étalonnage.

Tableau 4 : Récapitulatif des critères et contrôles QA/QC à appliquer à la jauge radiométrique BAM 1020 de Met One

Contrôles / Etalonnage	Fréquence de réalisation	Lieu de réalisation	Exigence minimale à satisfaire	Paragraphe
Vérification des sondes de température et humidité relative	Trimestrielle la première année de mise en service puis cette fréquence peut passer à annuelle lorsqu'un historique suffisant a démontré que les écarts restaient conformes aux exigences	Labo / site	<ul style="list-style-type: none"> ➤ $T_{référence} - T_{sonde} \leq 2^{\circ}C$ ➤ $P_{référence} - P_{sonde} \leq 1 \text{ kPa}$ ➤ $HR_{référence} - HR_{sonde} \leq 5\%$ 	2.3.1
Étalonnage des sondes de température, pression et humidité relative	Annuellement ou si une dérive est constatée lors des vérifications trimestrielles	Labo / site	<ul style="list-style-type: none"> ➤ $T_{référence} - T_{sonde} > 2^{\circ}C$ ➤ $P_{référence} - P_{sonde} > 1 \text{ kPa}$ ➤ $HR_{référence} - HR_{sonde} > 5\%$ 	2.3.1
Contrôle du débit	Tous les 2 mois lors du changement de ruban filtre	Site	$ Débit_{réf.} - Débit_{BAM1020} \leq 5\%$ (soit $0,05 \text{ m}^3/\text{h}$ ou $0,8 \text{ L/min}$)	2.3.2
Test d'étanchéité	Tous les 2 mois lors du changement de ruban filtre	Site	$ Débit_{BAM1020} \leq 1 \text{ L/min}$	2.3.2
Étalonnage / ajustage du débit d'aspiration	Tous les 2 mois lors du changement de ruban filtre	Site	$ Débit_{réf.} - Débit_{BAM1020} \leq 1\%$ (soit $0,01 \text{ m}^3/\text{h}$ ou $0,2 \text{ L/min}$)	2.3.2
Contrôle automatique de la jauge Bêta avec cale	A chaque mesure	Site	$ Masse_{réf.} - Masse_{BAM1020} \leq 5\%$	2.3.3
Test de vérification du zéro (blanc instrument)	A l'installation puis annuellement	Site	<ul style="list-style-type: none"> ➤ $Moyenne_{blanc} (N=72) \leq 3 \mu\text{g.m}^{-3}$ ➤ Ecart-type sur la moyenne (N=72) $\leq 2,4 \mu\text{g.m}^{-3}$ ➤ $Moyenne_{blanc, t=0} - Moyenne_{blanc, t=1an} (N=72) \leq 2 \mu\text{g.m}^{-3}$ (sauf pour la première installation) ➤ $Moyenne_{blanc, t=0} - Moyenne_{blanc, t=0, usine} (N=72) \leq 7 \mu\text{g.m}^{-3}$ 	2.3.4

2.3.1 Vérification et étalonnage des sondes de température, de pression et d'humidité relative

Afin de garantir un fonctionnement correct de la BAM 1020, les capteurs de température, de pression et d'humidité relative doivent être contrôlés trimestriellement durant la première année d'utilisation. En l'absence de dérive la première année d'utilisation, la périodicité de vérification pourra être étendue à un an^e. La vérification doit s'effectuer au regard de dispositifs raccordés à l'étalon national et pour lesquels les incertitudes données pour un niveau de confiance à 95% sont

- $\leq 1,5^{\circ}\text{C}$ pour la température,
- $\leq 0,5 \text{ kPa}$ pour la pression,
- $\leq 3,0\%$ pour l'humidité relative

Cette vérification permet de s'assurer de la concordance des valeurs de température et pression atmosphériques et d'humidité relative par rapport aux valeurs données par ces sondes de référence. Les critères à vérifier sont :

- Humidité relative : la différence absolue entre la valeur lue sur le capteur d'humidité relative et la sonde de référence doit être $\leq 5\%$,
- Température atmosphérique : la différence absolue entre la valeur lue sur le capteur de température et la sonde de référence doit être $\leq 2^{\circ}\text{C}$,
- Pression atmosphérique : la différence absolue entre la valeur lue sur le capteur de pression et la sonde de référence doit être $\leq 1,5 \text{ kPa}$,
- Humidité relative de l'air échantillonné (mesurée après le filtre) : si l'humidité relative est inférieure à 45%, cette valeur doit être égale à la valeur de l'humidité relative ambiante sinon elle doit être égale à 45% si le système Smart Heater fonctionne correctement.

Si l'un ou plusieurs des critères précédents n'est ou ne sont pas satisfaisant(s), il faut procéder à un ajustement des coefficients d'étalonnage dans le menu TEST>FLOW en suivant la procédure indiquée en Annexe 15.

Si lors de la vérification suivante, une dérive est de nouveau relevée, il convient de contacter le fournisseur et de procéder au remplacement des capteurs.

2.3.2 Contrôle du débit de prélèvement, vérification de l'étanchéité du système et étalonnage du capteur de débit

Il convient que les contrôles du débit de prélèvement soient réalisés en utilisant un débitmètre raccordé au niveau national et dont l'incertitude relative élargie à un niveau de confiance de 95% soit $\leq 2\%$ (en conditions de laboratoire). Le critère à vérifier est que l'écart absolu entre le débit mesuré avec l'instrument de référence et le débit indiqué par l'analyseur soit $\leq 5\%$ (soit pour un débit nominal de prélèvement de $1\text{m}^3/\text{h}$, un écart absolu $\leq 0,05 \text{ m}^3/\text{h}$ ou $0,80 \text{ L}/\text{min}$). Si une dérive par rapport au critère précédant est relevée, il convient de lancer une procédure de recherche des fuites sur le circuit fluide en réalisant un test d'étanchéité en se concentrant sur les points névralgiques de l'analyseur à savoir :

- raccord entre la ligne de prélèvement et l'analyseur (bague),
- au niveau du filtre ruban (buse et grille),
- cyclone de la tête de prélèvement (si installé).

^e La spécification technique XP CEN/TS 16450 préconise une fréquence de contrôle trimestrielle. Compte-tenu du retour d'expérience sur la fiabilité des capteurs, il paraît cohérent de pouvoir effectuer ce contrôle annuellement après avoir effectué un suivi rigoureux, selon la périodicité préconisée par la TS durant la première année de mise en service.

Dans un second temps, il convient de procéder à un étalonnage du capteur de débit (voir l'ensemble des procédures en Annexe 16).

Le test de fuite du système dans son intégralité (i.e. analyseur + ligne de prélèvement) doit être réalisé à chaque nouvelle installation d'appareil ou lors du changement de ruban filtre ainsi qu'en suivi préventif tous les 3 mois dans l'année qui suit l'installation de l'appareil puis tous les 6 mois^f en suivant la procédure indiquée en Annexe 16. En complément, un test d'étanchéité pourra être réalisé sur la BAM 1020 uniquement avant l'installation de la ligne de prélèvement ou lors de son nettoyage.

2.3.3 Contrôle automatique de la jauge Bêta avec cale

La vérification de l'étalonnage de la jauge Bêta est réalisée automatiquement sur la BAM 1020 à chaque nouvelle mesure (soit toutes les heures). La valeur « ABS » réglée en usine est la valeur prévue de masse de la cale étalon de référence utilisée. Cette valeur est comparée à la valeur mesurée à chaque heure. L'unité ABS est différente pour chaque BAM 1020, mais est généralement proche de 0,800 mg/cm². La valeur ABS n'est jamais ajustée. Une différence entre la valeur ABS et la valeur mesurée en dehors de la tolérance « ± 5% » indique généralement

- soit que la cale étalon doit être nettoyée (soufflage à l'air comprimée ou avec un chiffon doux non pelucheux) ;
- soit que le détecteur Bêta est bruyant ;
- soit que le support de cale se déplace de manière incorrecte.

2.3.4 Test de vérification du zéro (blanc instrument)

La vérification du zéro (ou blanc) d'instrument constitue un moyen simple de s'assurer de l'absence de contamination/pollution du système dans son intégralité (analyseur et conduit de prélèvement) et de la stabilité des mesures effectuées par la jauge Bêta. Dans le cas de la BAM 1020, elle permet en outre d'ajuster la valeur de fond « BKGD » qui est un facteur de correction de décalage de zéro pour l'ensemble des données de concentration recueillies par la BAM1020.

Il est indispensable de réaliser cette vérification sur site^g, à l'installation de l'instrument (en notant la valeur initialement fixée par le constructeur – en général entre 0.000 et -0.005) puis une fois par an à la suite de la maintenance annuelle et d'un test d'étanchéité du système dans son intégralité. Compte-tenu de la sensibilité du filtre à l'humidité, il convient de réaliser l'essai en dehors des périodes de fortes pluies. Le kit qu'il convient d'utiliser est le BX-302.

La procédure exacte est indiquée en Annexe 17.

Il convient tout d'abord de procéder à une période de préchauffage et de stabilisation de l'appareil de 24 heures puis de réaliser une séquence de mesures d'une durée de 72 heures et de vérifier les critères suivants :

^f Compte tenu de l'importance de l'étanchéité du système dans la détermination de la concentration en particules, il est recommandé de réduire la périodicité annuelle recommandée par la spécification technique XP CEN/TS16450. Ainsi durant la première année d'utilisation suivant l'installation d'un appareil, le test d'étanchéité devra être réalisé tous les 3 mois puis en l'absence de fuite, la périodicité du contrôle pourra être passée à 6 mois en maintenant un contrôle du débit tous les 3 mois.

^g Bien que la spécification technique XP CEN/TS16450 laisse la possibilité de réaliser cette vérification en laboratoire, l'expérience a montré la nécessité de réaliser cette vérification impérativement sur site (influence des caractéristiques environnementales sur le résultat, impossibilité de démonter la ligne de prélèvement).

- Moyenne des 72 valeurs dans l'intervalle $\pm 3 \mu\text{g}/\text{m}^3$,
- Ecart-type sur la moyenne (N=72) $\leq 2,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$,
- Ecart absolu entre la moyenne actuelle et la moyenne précédente $\leq 2 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Si l'un (ou plusieurs) des critères précédents n'est (ou ne sont) pas respecté(s), il convient de s'assurer de la bonne qualité du filtre utilisé (refaire le test avec un filtre neuf) et de vérifier qu'il n'y a pas eu un épisode de pollution important durant le test (étude des stations à proximité).

2.4 Rendu des résultats

2.4.1 Validation des données

En ce qui concerne la validation quotidienne des données fournies par la BAM 1020 de Met One, Inc., il convient de se reporter au guide ADEME « Validation des données », 2003 [6]. Cette validation se déroule selon 2 étapes distinctes pour la réalisation desquelles le personnel devra être formé et habilité :

- Validation technique,
- Validation environnementale.

Il est prévu une mise à jour de ce guide à partir de 2014.

2.4.1.1 Validation technique

Il relève de la responsabilité du réseau de surveillance de valider les données brutes obtenues. Ces données se composent des données de concentration horaire. Il est nécessaire de valider les paramètres suivants selon les préconisations présentées dans le Tableau 3 et ainsi de veiller à :

- la bonne régulation de la température dans la station ($< 40^\circ\text{C}$ et variation $< 2^\circ\text{C}/\text{heure}$) ;
- l'homogénéité de la tache de prélèvement ;
- la stabilité du détecteur (carte de contrôle sur le comptage sur filtre vierge) ;
- la stabilité de la réponse lors des contrôles automatiques de cale étalon.

Par ailleurs, l'enregistrement de paramètres tels que le débit d'échantillonnage, la température, la pression et l'humidité relative ambiantes ainsi que l'humidité relative de l'air échantillonné mesurée après le filtre peuvent aider à la validation des données de concentrations horaires.

Enfin, il convient que l'affichage des messages d'alarme de l'instrument soit contrôlé.

2.4.1.2 Validation environnementale

L'étude environnementale permet de prendre en compte, lors de la validation des données, d'éventuels phénomènes périodiques et/ou locaux particuliers (conditions météorologiques, sources locales..). Il convient alors de vérifier la cohérence de l'évolution temporelle de la concentration horaire. Ces valeurs sont en théorie toujours positives et les variations temporelles sont fonctions du type de site (nature des sources) et des conditions climatiques (dynamique atmosphérique). Néanmoins, des valeurs négatives peuvent être notées notamment pour les masses d'air très faiblement chargées en particules, pendant les périodes de mesure du zéro instrument ou pour des écarts d'humidité relative importants et rapides (période de brusque pluie type orage). Ce type de valeurs n'est pas forcément révélateur d'un dysfonctionnement de l'instrument mais plutôt de mesures effectuées dans des

conditions pour lesquelles l'analyseur est en-dessous de sa limite de détection (affichée à $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les mesures horaires).

Par ailleurs, lorsque sur le même site les concentrations en PM_{10} sont légèrement inférieures aux concentrations en $\text{PM}_{2.5}$, il revient à l'expert, compte tenu du calcul d'incertitudes propre à chacun des appareils, de définir le seuil à partir duquel il convient de mettre en place une action corrective et/ou d'invalider les données.

Enfin comme précisé dans la spécification technique XP CEN/TS16450, si des doutes subsistent quant à la validité des données, il peut être intéressant de comparer les données avec celles des concentrations de polluants corrélées à celles de la matière particulaire ou encore de comparer les données avec celles recueillies dans d'autres stations (pas forcément à proximité immédiate du site).

2.4.2 Expression des résultats

Les données brutes collectées doivent être exemptes de données saisies pendant les périodes de maintenance normale de l'analyseur, de données erronées ou aberrantes pour des raisons plausibles, de données recueillies pendant les étalonnages et de données en dessous de la limite de détection négative de l'analyseur.

Dans l'attente de recommandations spécifiques de la part de la CS « Mesures automatiques » et conformément au projet de guide pour le calcul des statistiques relatives à la surveillance de la qualité de l'air [7], il est proposé à l'AASQA :

- de traiter les valeurs brutes négatives comme elles l'étaient auparavant ;
- de rendre disponible les données brutes horaires en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ avec le même nombre de chiffres significatifs que dans le poste central ;
- d'agrèger les données brutes valides PM_{10} en en faisant la moyenne arithmétique journalière (arrondie à 2 chiffres significatifs selon la règle de l'arrondi commercial) et de comparer le résultat (arrondies à 2 chiffres significatifs selon la règle de l'arrondi commercial) à la valeur limite journalière pour les PM_{10} ($V_{L, 24h} = 50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$). Pour que la moyenne journalière soit considérée comme valide, la saisie des données doit être supérieure ou égale à 90 % du temps moyenné ;
- d'agrèger les données brutes horaires PM_{10} ou $\text{PM}_{2.5}$ valides en en faisant la moyenne arithmétique (arrondie à 2 chiffres significatifs selon la règle de l'arrondi commercial) et de comparer le résultat avec les valeurs limites annuelles pour les PM_{10} ($V_{L, 1 \text{ an}} = 40 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) et les $\text{PM}_{2.5}$ ($V_{L, 1 \text{ an}} = 25 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$). Pour que la moyenne annuelle soit considérée comme valide, la saisie des données doit être supérieure ou égale à 90 % du temps moyenné.

2.4.3 Estimation des incertitudes

Toute mesure effectuée par la BAM 1020 doit pouvoir être associée à une incertitude. L'incertitude (exprimée pour un intervalle de confiance de 95%) doit être calculée pour les mesures individuelles, et ne doit pas dépasser 25% au niveau de la valeur limite. Pour cela, les AASQA peuvent s'appuyer sur les recommandations du LCSQA retranscrites dans le Fascicule de Documentation FD-X43-070-6 [8] pour l'estimation des incertitudes sur les concentrations massiques de particules mesurées en automatique par jauge radiométrique.

A titre indicatif, les principales grandeurs d'entrée du modèle mathématique proposé par le LCSQA pour l'estimation de l'incertitude élargie d'une mesure réalisée par la jauge radiométrique MP101M sont :

- la répétabilité de comptage sur filtre vierge (avant prélèvement) ;
- la répétabilité de comptage sur cale étalon ;
- l'écart de linéarité ;
- le coefficient d'absorption massique ;
- la durée de prélèvement ;
- le débit de prélèvement ;
- l'étalonnage de l'appareil ;
- la reproductibilité de la mesure sur site.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Environnement S.A « MP101M Mesure des particules en suspension par jauge Bêta », Notice technique, 193 p., avril 2014
- [2] Met One « BAM1020 Particulate monitor », Operation manual, Revision K, 109 p., avril 2013
- [3] Arrêté du 21 octobre 2010 relatif aux modalités de surveillance de la qualité de l'air et à l'information du public ; JORF n°0247 du 23 octobre 2010, p. 19020, 2010
- [4] XP CEN/TS 16450 ; Juillet 2013 (2^{ème} édition); Air ambiant - Systèmes automatisés de mesurage de la concentration de matière particulaire (PM10, PM2,5)
- [5] Directive n°2008/50/CE du 21/05/08 concernant la qualité de l'air ambiant et un air pur pour l'Europe
- [6] ADEME « Règles et recommandations en matière de : Validation des données - Critères d'agrégation - Paramètres statistiques », 68 p., 2003
- [7] M. Beauchamp et L. Malherbe « Calcul des statistiques relatives à la surveillance de la qualité de l'air. Définitions, critères et règles de calcul », version projet du 20 mars 2014, 43 p., 2014
- [8] FD X43-070-6 ; Juillet 2011 ; 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
- [9] S. Crunaire, F. Mathé et B. Herbin « Guide pour l'utilisation des jauges radiométriques MP101M d'Environnement SA (version 2012) », 39 p., 2012
- [10] Met One Instruments « UK report on the equivalence of the smart heated PM_{2.5} BAM-1020 », 219 p., 2013

Annexe 1 : Nettoyages des têtes et conduits de prélèvement utilisés en association de la MP101M ou de la BAM 1020

A.1.1. Têtes de prélèvement

Il est conseillé de réaliser ce nettoyage au moins tous les trois mois mais en fonction de l'empoussièrement du site, un nettoyage mensuel est préconisé. En fonction de l'équipement utilisé comme tête de prélèvement, à savoir la tête américaine US-EPA (a) ou européenne (b), la procédure à adopter pour le nettoyage est différente.

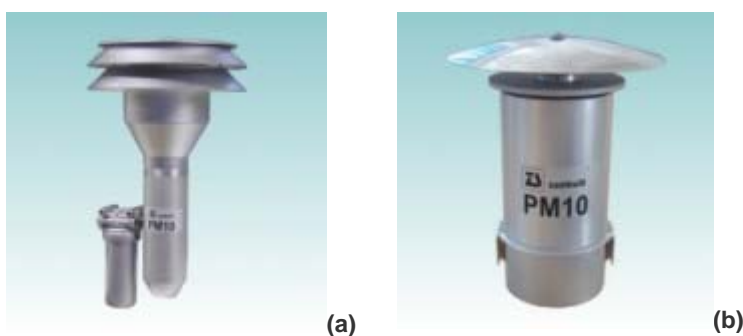


Figure A1.1 : (a) Photographie d'une tête de prélèvement PM₁₀ américaine US-EPA.
(b) Photographie d'une tête de prélèvement PM₁₀ européenne.

Procédure associée au nettoyage de la tête US-EPA (a) :

1. Séparer la tête de prélèvement du tube en tirant la tête doucement vers le haut
2. Vider le bocal de décantation (si besoin est)
3. Nettoyer la grille d'entrée à l'aide d'une brosse souple en nylon
4. Séparer la partie haute et la partie basse de la tête de prélèvement en dévissant
5. Nettoyer l'intérieur du conduit d'aspiration à l'aide d'un écouvillon
6. Dépoussiérer les 3 orifices de la partie basse de la tête à l'aide d'un écouvillon
7. Remonter la tête de prélèvement et replacer là sur le conduit

Procédure associée au nettoyage de la tête européenne (b) :

1. Desserrer la bague de fixation que se situe sous la partie basse de la tête de prélèvement
2. Séparer la tête de prélèvement du conduit d'aspiration en la tirant doucement vers le haut
3. Nettoyer la grille d'entrée à l'aide d'une brosse souple en nylon
4. Déclipser les fixations qui se situent entre la partie haute et la partie basse de la tête pour désolidariser ses deux parties
5. Nettoyer la plaque d'impaction qui est fixée à la partie basse de la tête. Si besoin, utiliser de l'alcool pour nettoyer la graisse résiduelle.
6. Remettre une couche de graisse silicone pour les applications vide sur la plaque d'impaction

7. Dépoussiérer à l'air comprimé les 8 orifices de la partie haute de la tête
8. Remonter la tête de prélèvement et replacer là sur le conduit

A.1.2. Conduits de prélèvement

Il est conseillé de réaliser ce nettoyage au moins tous les ans mais en fonction de l'empoussièrement du site, un nettoyage trimestriel est préconisé.

Il n'y a pas de réelle procédure figée pour cette opération, différentes procédures peuvent être appliquées en fonction du matériel disponible.

Dans tous les cas, il faut tout d'abord procéder au retrait de la tête de prélèvement et dégager l'appareil de la base du tube. Il faut ensuite souffler l'intérieur du tube à l'air comprimé (si une arrivée est disponible) puis passer un chiffon doux non-pelucheux ou à défaut un morceau de papier absorbant à l'intérieur, dans la mesure du possible passer le chiffon du bas vers le haut du tube. En fonction de la longueur du tube, il pourra être utile de nouer le chiffon à un goupillon ou à une ligne Téflon. Il faut ensuite passer un nouveau chiffon dans le tube selon la même procédure jusqu'à ce que le chiffon ressorte vierge du tube.

Si des dépôts graisseux se retrouvent dans le tube, il peut être utile d'imprégner le chiffon de quelques gouttes d'isopropanol (ou alcool isopropylique) afin de dissoudre ces dépôts. Le choix de cet alcool est important si on veut s'assurer un séchage optimal et donc éviter les interactions particules/tube.

Annexe 2 : Remplacement de la bobine de ruban filtre de la MP101M

Symptôme : Une alarme « Fin papier » ou « Papier déchirée » est affichée ou la bobine est presque vide (ou vide).

Solution : Il est nécessaire de vérifier la position du ruban de papier filtre et le niveau de remplissage de la bobine. Si la bobine est presque vide (ou vide) ou le ruban coupé, il est nécessaire de procéder au remplacement en suivant la procédure indiquée ci-dessous.

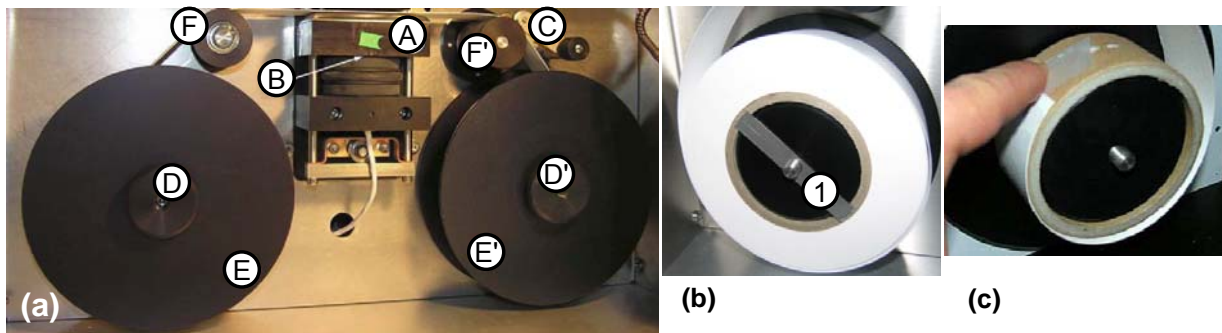


Figure A2.1 : (a) Photographie intérieure de l'analyseur face avant ouverte.
 (b) Photographie de la bobine débitrice E.
 (c) Photographie de la bobine réceptrice E'.

Procédure associée au remplacement de la bobine de ruban filtre :

1. Arrêter le cycle de mesure en cours sur l'appareil en appuyant sur la touche F5 « Menu général ⇒ Mesure ⇒ Synoptique »
2. Ouvrir la porte avant de l'analyseur
3. Faire descendre le plateau mobile de l'ensemble presseur (B) :
 - a. Aller dans le menu « Menu général ⇒ Tests ⇒ Entrées/Sorties carte mère »
 - b. Aller dans le champ « Plateau » à l'aide des touches [↑] (F4) et [↓] (F5) et valider à l'aide de la touche [>] (F6)
 - c. Appuyer sur la touche [s] (en dessous de descente / F2)
4. Le moteur du plateau (A) se met en marche et s'arrête après 5 secondes
5. Soulever le galet presseur C
6. Dévisser les molettes D et D' des bobines débitrice et réceptrice
7. Retirer les flasques en plastique noir E et E' des bobines débitrice et réceptrice
8. Retirer les griffes anti-glissement (1) des bobines débitrice et réceptrice
9. Retirer le rouleau usager de la bobine réceptrice
10. Récupérer le mandrin en carton vide de la bobine débitrice et le mettre sur la roue réceptrice
11. Placer la bobine de ruban filtre neuve sur la roue débitrice de manière à ce que le papier se déroule dans le sens des aiguilles d'une montre
12. Dérouler le ruban filtre et le faire passer successivement au dessus du premier cabestan (F), au dessus du plateau (A) et au dessus du second cabestan (F')
13. Enrouler l'extrémité du ruban filtre sur la bobine réceptrice vide et la fixer à l'aide d'un morceau de ruban adhésif
14. Replacer les 2 griffes anti-glissement

15. Replacer les flasques en plastique noir E et E' des bobines débitrice et réceptrice
16. Visser les molettes D et D' des bobines débitrice et réceptrice
17. Tendre légèrement le ruban en tournant les 2 bobines vers l'extérieur
18. Baisser le galet presseur C
19. Refermer la porte de la face avant
20. Réinitialiser le compteur d'autonomie de fin de papier
 - a. Aller dans le menu « Menu général ⇨ Configuration ⇨ Mode de mesure »
 - b. Aller à la ligne « Bobine/Remplacement » à l'aide de la touche [↑] (F4) et [↓] (F5)
 - c. Aller dans le champ « ON/OFF » et appuyer sur la touche [*] (F3) pour basculer de « OFF » à « ON »
21. Vérifier la tension du ruban filtre (voir paragraphe 1.2.4.2)
22. Vérifier l'étanchéité du système de prélèvement (voir paragraphe 1.3.2)
23. Etalonner la jauge Bêta (voir paragraphe 1.3.3)
24. Etalonner le débit d'aspiration (voir paragraphe 1.3.2)

Annexe 3 : Ajustement de l'horloge et vérification des messages d'erreur de la MP101M

A.3.1. Ajustement de l'horloge du MP101M

Vérifier si l'heure et la date affichées sur l'appareil sont concordantes avec les données UTC ou UTC \pm x heures.

Symptôme : L'écart entre la valeur affichée sur l'appareil et la valeur de référence (UTC) est supérieur à 2 minutes

Solution : Ajuster l'horloge

- Aller dans le menu « Menu général \Rightarrow Configuration \Rightarrow Date/Heure/Langue »
- Atteindre le champ à modifier à l'aide des touches [\uparrow] (F4) et [\downarrow] (F5)
- Appuyer sur la touche [*] (F3)
- Utiliser les touches [\uparrow] (F4) et [\downarrow] (F5) pour incrémenter ou décrémenter le caractère
- Utiliser les touches [\rightarrow] (F3) et [\leftarrow] (F2) pour passer au caractère suivant
- Valider la ou les modifications en appuyant sur la touche [\leftarrow] (F6)

A.3.2. Vérification des messages d'erreur

Vérifier s'il y a des messages d'erreur en cours en allant dans le menu « Menu général \Rightarrow Mesure \Rightarrow Affichage des alarmes » ou des messages d'erreur récents dans l'historique des messages en allant dans le menu « Menu général \Rightarrow Mesure \Rightarrow Historique des alarmes ».

Symptôme : Des défauts de fonctionnement sont répertoriés dans l'un ou l'autre des écrans.

Solution : Il faut se reporter au tableau 5-1 de la notice, pour identifier les actions correctives à mettre en place. L'affichage est spécifique à la version de l'appareil. Pour information, la version du tableau 5-1 de la notice du MP101M « New » est présentée sur la Figure A3.1 ci-après.

AFFICHAGE	CAUSE	ACTIONS POSSIBLES	AFFICHAGE	CAUSE	ACTIONS POSSIBLES
0 V	- Le potentiel de masse est inférieur à - 0,05 V ou supérieur à 0,05 V.	- Connecter un voltmètre entre le point de test PT16 et une vis servant à fixer la carte sur le fond du tiroir : vérifier la valeur mesurée. - Vérifier le bon fonctionnement du + 5 V.	D. Seuil	- La mesure périodique ou cyclique dépasse la valeur supérieure admise (1000 µg/m ³ ou 1000 mg/m ³).	- Changer d'unités de mesure : remplacer µg/m ³ par mg/m ³ dans l'écran « Configuration ⇒ Offsets et unités ». - Vérifier le positionnement de la source face au papier. Si mal positionnée, vérifier le bon fonctionnement du moteur de positionnement. - Si le moteur ne fonctionne pas : vérifier les tensions + 15V et - 15V.
+5 V	- L'alimentation délivre une tension inférieure à 4,8 V ou supérieure à 5,2 V.	- Connecter un voltmètre entre le point de test PT16 (masse) et le point de test PT12 (+ 5V) : vérifier la valeur mesurée.	Colmatage	- Le système est resté plus de 360 s (6 min) consécutives en mode commande de vanne de régulation.	- Vérifier les pressions Pr. Amont, Pr. Aval et Pr. Atm. - Vérifier le bon fonctionnement de la commande du moteur de la vanne (voir l'écran « Tests ⇒ Entrées sorties carte mère »). - Vérifier le moteur de la vanne. - Vérifier la vanne. - Vérifier le circuit fluide.
+15 V	- L'alimentation délivre une tension inférieure à 14,50 V ou supérieure à 15,50 V.	- Connecter un voltmètre entre le point de test PT16 (masse) et le point de test PT13 (+ 15V) : vérifier la valeur mesurée.	Débit	- Le débit sort de l'intervalle acceptable centré autour de la commande de 1 m ³ /h.	- Vérifier le bon fonctionnement de la commande du moteur de la vanne (voir l'écran « Tests ⇒ Entrées sorties carte mère »). - Vérifier le moteur de la vanne. - Vérifier la vanne. - Vérifier l'étanchéité du circuit fluide.
-15 V	- L'alimentation délivre une tension inférieure à - 15,50 V ou supérieure à - 14,50 V.	- Connecter un voltmètre entre le point de test PT16 (masse) et le point de test PT14 (- 15V) : vérifier la valeur mesurée.	Comptage R.A.N.	- L'analyseur détecte un taux de radioactivité naturelle anormalement élevé.	- Informer les autorités compétentes le plus rapidement possible.
Température	- L'une, au moins, des températures T° Int. ou T° Filtre sort de l'intervalle acceptable.	- L'appareil n'est pas dans les conditions de fonctionnement normal. - Vérifier l'état des capteurs de température et les changer si défectueux.	Papier déchiré	- Valeur de comptage fournie par le Geiger-Müller > 8500 cps/s.	- Vérifier la position du ruban de papier filtre. Le repositionner si nécessaire. - Faire un test de contamination. - Vérifier le positionnement de la source face au papier. Si mal positionnée, vérifier le bon fonctionnement du moteur de positionnement. Si le moteur ne fonctionne pas : vérifier les tensions + 15V et - 15V.
Pression	- L'une, au moins, des pressions Pr. Amont ou Pr. Aval ou Pr. Atm. sort de l'intervalle acceptable.	- Vérifier dans l'écran « Calibration ⇒ Pressions » les coefficients de linéarisation A et B pour les 3 capteurs. - Vérifier que pompe éteinte, les 3 pressions sont bien égales. - Changer le (ou les) capteur de pression si défectueux.	Pin papier	- Le compteur de nombre de tâches restantes, initialement à 1200, a atteint la valeur 0.	- Changer le ruban de papier filtre. - Aller sur l'écran « Configuration ⇒ Mode de Mesure », et réinitialiser le compteur de tâche.
Jauge	- Le détecteur à tube Geiger-Müller fournit un résultat inférieur à 1000 cps/s ou supérieur à 8500 cps/s.	- Vérifier le bon positionnement du ruban filtre. - Vérifier la tension d'alimentation (600 V). - Vérifier le positionnement de la source face au papier. Si mal positionnée, vérifier le bon fonctionnement du moteur de positionnement. - Si le moteur ne fonctionne pas : vérifier les tensions + 15V et - 15V.			
Alarme RST	- Liaison RST non détectée. - Valeur de température ou d'humidité relative hors des tolérances.	- Vérifier les branchements de la ligne RST sur le panneau arrière de l'analyseur (2 connexions : chauffage ligne et paramètres T°/HR). - Contrôler les valeurs de température et humidité relative à l'aide de capteurs de référence. Si un capteur est défectueux, le remplacer.			

Figure A3.1 : Reproduction de la liste des défauts et remèdes données dans le tableau 5-1 de la notice du MP101M « new » d'Environnement SA.

Annexe 4 : Procédure associée au test de contamination – Vérification de l'intégrité de la source radioactive ^{14}C de la MP101M

1. Arrêter le cycle de mesure en cours sur l'appareil en appuyant sur la touche F5 « Menu général ⇒ Mesure ⇒ Synoptique »
2. Faire un Test Geiger pour vérifier le fonctionnement du compteur Geiger – Müller
 - a. Aller dans le menu « Menu général ⇒ Tests ⇒ Entrées/Sorties carte mère »
 - b. Aller à la ligne « Plateau » à l'aide des touches [↑] (F4) et [↓] (F5) et valider à l'aide de la touche [Test] (F3)
 - c. Appuyer sur la touche [s] (F2) en dessous de « Descente », le moteur du plateau se met en marche, le plateau descend et le moteur s'arrête au bout de 5 secondes
 - d. Sortir de l'écran en appuyant sur la touche [↵] (F1)
 - e. Aller à la ligne « Filtre » à l'aide des touches [↑] (F4) et [↓] (F5) et valider à l'aide de la touche [Test] (F3)
 - f. Appuyer sur la touche [s] (F5), le moteur d'avancement des bobines de ruban filtre se met en marche, le ruban filtre avance et le moteur s'arrête au bout de 7 secondes
 - g. Sortir de l'écran en appuyant sur la touche [↵] (F1)
 - h. Aller à la ligne « Plateau » à l'aide des touches [↑] (F4) et [↓] (F5) et valider à l'aide de la touche [Test] (F3)
 - i. Appuyer sur la touche [s] (F5) en dessous de « Montée », le moteur du plateau se met en marche, le plateau monte et le moteur s'arrête au bout de 5 secondes
 - j. Sortir de l'écran en appuyant sur la touche [↵] (F1)
 - k. Aller à la ligne « P. Source » à l'aide des touches [↑] (F4) et [↓] (F5) et valider à l'aide de la touche [Test] (F3)
 - l. Appuyer sur la touche [s] (F5) en dessous de « Aspiration », le moteur du barillet se met en marche, la source est placée en position d'aspiration et le moteur s'arrête au bout de 5 secondes
 - m. Sortir de l'écran en appuyant sur la touche [↵] (F1)
 - n. Aller à la ligne « HT GeiGer » puis sur le champ « ON/OFF »
 - o. Modifier le paramètre en « ON » pour actionner la haute tension d'alimentation du compteur Geiger
3. Contrôler les valeurs qui s'affichent à l'écran :
 - a. La tension d'alimentation doit être comprise entre 500 et 700 V
 - b. La valeur de comptage doit être inférieure à 30 coups/s pour les sources ^{14}C à 3,67 MBq ou à 25 coups/s pour les sources ^{14}C à 1,84 MBq

Symptôme 1 : La valeur de la tension d'alimentation du compteur Geiger-Müller est inférieure à 500 V ou supérieure à 700 V.

Solution 1 : Effectuer les contrôles électriques sur la carte mère comme indiqué à la ligne « Jauge » du tableau 5-1 de la notice (pages 5-4 et 5-8).

Symptôme 2 : Le compteur Geiger-Müller donne une valeur de comptage supérieure à 30 coups/s alors que la source est en position aspiration/stockage.

Solution 2 : Cela peut indiquer une fuite au niveau de la source ou une contamination au niveau du bloc conduit d'aspiration / buse de mesure.

1. Vérifier le bon positionnement du cylindre rotatif contenant la source
 - a. si la source est encore partiellement en position d'émission, le défaut est à rechercher au niveau du moteur du barillet
 - b. effectuer les contrôles électriques sur la carte mère comme indiqué à la ligne « Jauge » du tableau 5-1 de la notice (page 5-4) : bon fonctionnement du moteur et bon fonctionnement des relais de commande
- Confirmer la contamination par un contrôle au radiomètre muni d'une sonde pour les rayonnements Bêta (ex : Radiamètre Fluke ASM-990 avec sonde à diaphragme Geiger-Müller 489-110D)

Remarque : ces 2 dernières procédures peuvent être légèrement différentes en fonction de la génération d'appareil et notamment de la génération de cartes électroniques qui équipent l'appareil. Pour des appareils équipés de carte « Micro III », les points de vérification à effectuer sont indiqués aux lignes « +600 V Geiger » et « Compteur Geiger » du tableau 5-1 de la notice (pages 5-4 et 5-5).

Annexe 5 : Liste des paramètres du multiplexeur et des limites acceptables associées à la MP101M

N° de la voie	Paramètre	Valeur de référence	Valeur minimale affichée sur l'analyseur	Valeur maximale affichée sur l'analyseur	Observations
Voie 1 (Masse/ GND)	Masse analogique	0 mV	- 50 mV	50 mV	-
Voie 2 (+5V)	Contrôle de l'alimentation +5V	5000 mV	4800 mV	5200 mV	Présence d'un pont diviseur sur le point test des anciennes générations d'appareil (+5V divisé à +2,5V)
Voie 3 (+15V)	Contrôle de l'alimentation +15V	1500 mV	1450 mV	1550 mV	Présence d'un pont diviseur sur le point test (+15V divisé à +1,5V)
Voie 4 (-15V)	Contrôle de l'alimentation -15V	1500 mV	1300 mV	1700 mV	Le signal « -15 V » du multiplexeur est une mesure indicative et non directe de la tension -15 V réellement présente sur la carte et mesurable à l'aide d'un voltmètre. La tolérance sur cette valeur réelle est de ± 50 mV
Voie 5 (+600V)	Contrôle de la tension d'alimentation du détecteur Geiger-Müller	000.0 V ou 600.0 V	500.0 V	700.0 V	Voie effective uniquement si le détecteur est alimenté Sinon affichage normal = 000.0 V
Voie 6 (Ref. 2,5V)	Référence de tension 2,5V	2500 mV	2485 mV	2515 mV	-
Voie 7 (Ref. HR)	Référence de tension sonde d'humidité	3700 mV	3650 mV	3750 mV	-
Voie 8 (T° filtre)	Température filtre mesurée sous le compteur Geiger-Müller	+250 mV	+ 100 mV	+ 400 mV	-
Voie 9 (T° int.)	Température interne de l'analyseur mesurée sur la carte mère	+250 mV	+ 100 mV	+ 400 mV	-
Voie 10 (Pr. amont)	Contrôle de la pression en amont	+ 4130 mV	+ 3880 mV	+ 4380 mV	-

N° de la voie	Paramètre	Valeur de référence	Valeur minimale affichée sur l'analyseur	Valeur maximale affichée sur l'analyseur	Observations
Voie 11 (Pr. aval)	Contrôle de la pression en aval	+ 4130 mV	+ 3880 mV	+ 4380 mV	-
Voie 12 (Pr. atm)	Pression atmosphérique	+ 4130 mV	+ 3880 mV	+ 4380 mV	-
Voie 13 (Hyg. Rel.)	Humidité relative	+ 2350 mV	+ 780 mV	+ 3910 mV	si option « RST » ON
Voie 14 (T° Atm.)	Température atmosphérique	+ 2750 mV	-	-	si option « RST » ON
Voie 15 (T° tête)	Température tête	+ 2750 mV	-	-	si option « RST » ON
Voie 16 (Ref. A/D)	Référence du convertisseur A/D	+ 2500 mV	+2485 mV	+2515 mV	-

Annexe 6 : Contrôle des groupes de pompage généralement associés à la MP101M

A.6.1. Contrôle du groupe de pompage Picolino

Cette action est une action préventive à réaliser annuellement et destinée à garantir un fonctionnement optimal de la pompe à palettes Picolino (voir Figure A6.1-(a)) nécessaire au bon fonctionnement des MP101M (régulation de débit).

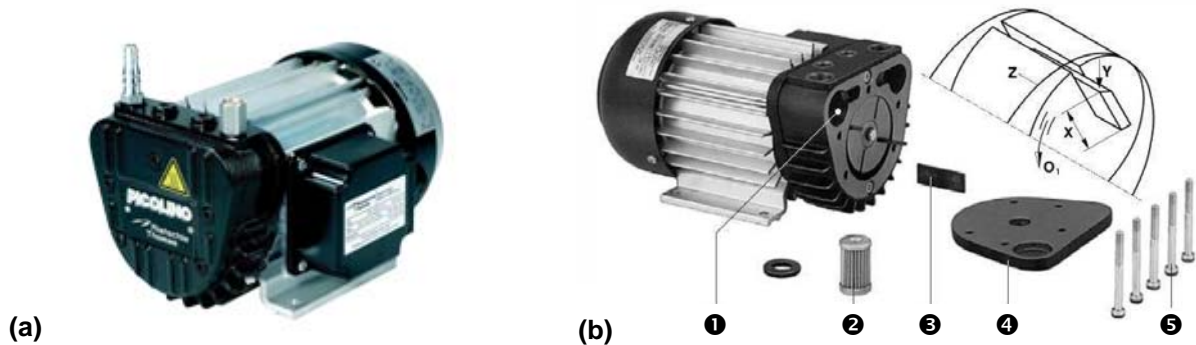


Figure A6.1 : (a) Photographie d'une pompe Picolino.

(b) Photographie d'une pompe Picolino avec vue éclatée des éléments composant le corps de pompe.

Procédure de vérification :

1. Arrêter le cycle de mesure en cours sur l'appareil en appuyant sur la touche F5 « Menu général ⇒ Mesure ⇒ Synoptique »
2. Déconnecter la pompe de l'analyseur : déconnexion électrique et fluidique à l'arrière de l'appareil
3. Désassembler le couvercle de corps (4) en desserrant les 5 vis (5)
4. Sortir la cartouche filtrante (2) logée dans l'orifice (1)
5. Inspecter la cartouche filtrante (2) :
 - a. Si la cartouche est légèrement poussiéreuse, retirer la poussière en faisant passer de l'air comprimé de l'intérieur de la cartouche vers l'extérieur
 - b. Si la cartouche est fortement poussiéreuse ou huileuse, il faut la remplacer
6. Sortir les palettes (3)
7. Contrôler l'état d'usure des palettes (3) en mesurant la hauteur (X) de chacune des palettes
 - a. Si l'une ou plusieurs des palettes a une hauteur (X) inférieure à 10 mm, il faut remplacer les 4 palettes par des palettes neuves
 - b. Si toutes les palettes ont une hauteur (X) supérieure à 10 mm, les nettoyer avec un chiffon doux non pelucheux
8. Nettoyer le corps de pompe et les fentes du rotor à l'air comprimé
9. Remonter la cartouche filtrante en changeant les joints qui l'entoure si nécessaire (joints cassant ou huileux)
10. Remonter les palettes en vérifiant bien que le chanfrein (Y) soit positionné comme sur la *Figure*-(b)
11. Remonter le couvercle de corps
12. Reconnecter la pompe à l'analyseur (électrique et fluidique)

13. Vérifier le débit d'aspiration (voir paragraphe 1.3.2)

A.6.2. Contrôle du groupe de pompage KNF

Cette action est une action préventive à réaliser tous les 2 ans et destinée à garantir un fonctionnement optimal de la pompe à membrane bicorps KNF (cf. Figure A6.2-(a)) nécessaire au bon fonctionnement des MP101M (régulation de débit).

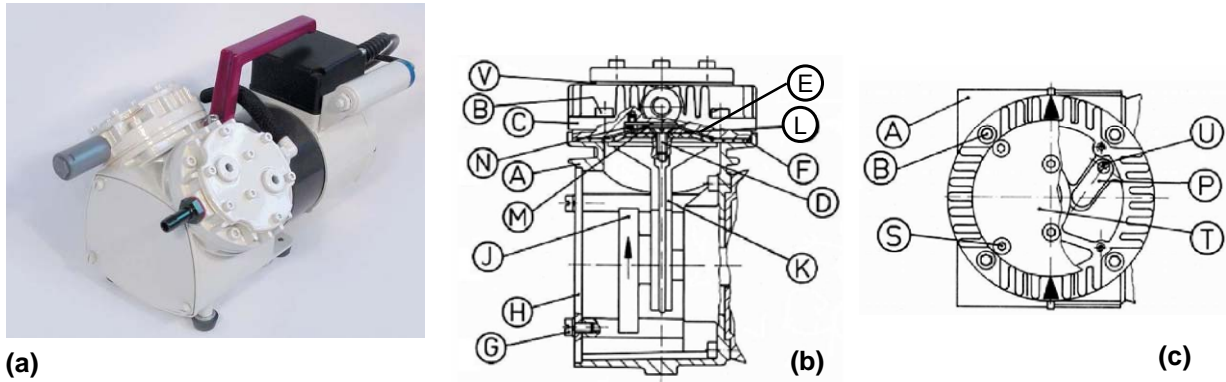


Figure A6.2 : (a) Photographie d'une pompe KNF bi-corps à membrane.
 (b) Vue schématique en coupe longitudinale.
 (c) Vue de dessus de la partie comprenant la culasse (C).

Procédure de vérification d'une tête de pompe :

ATTENTION : entre les sections 4 et 20, les actions devront être répétées pour la seconde tête de pompe :

1. Arrêter le cycle de mesure en cours sur l'appareil en appuyant sur la touche F5 « Menu général ⇒ Mesure ⇒ Synoptique »
2. Déconnecter la pompe de l'analyseur : déconnexion électrique et fluidique à l'arrière de l'appareil
3. Déconnecter le raccordement pneumatique entre les 2 têtes de pompe
4. Marquer par un trait de feutre les éléments T (couvercle), C (culasse) et A (corps de pompe) afin de pouvoir les replacer dans le même axe longitudinal lors du remontage
5. Désassembler les parties T et C en retirant les 4 vis de fixation B à l'aide d'une clé Allen (ou clé 6 pans ou clé BTR)
6. Désassembler les parties E (disque de serrage), L (rondelle éventail) et F (membrane) en retirant la vis D
7. Accéder à la partie mécanique du corps de pompe en retirant les 4 vis G et le couvercle H
8. Tourner le contrepoids de façon à amener la bielle (K) en milieu de course
9. Mettre la nouvelle membrane (F)
10. Procéder, si nécessaire, au nettoyage des différentes pièces précitées à l'aide d'un chiffon doux non-pelucheux
11. Remettre en place, au dessus de la membrane les parties L (rondelle éventail) et E (disque de serrage), dans cet ordre et serrer fortement l'ensemble à l'aide de la vis (D)

12. Remettre en place l'ensemble couvercle (T) et culasse (C) en respectant bien le trait de position
13. Fixer l'ensemble à l'aide des 4 vis de fixation (B) qui seront vissées en croix et alternativement de façon à répartir les forces sur l'ensemble de l'assemblage
14. Contrôler le fonctionnement en tournant le contrepoids à la main. Si la manœuvre présente un « point dur », il faut revérifier le serrage des différentes parties
15. Retirer le couvercle T de la culasse en dévissant les 6 vis de fixation S
16. Ôter la vis N, retirer et remplacer le clapet inférieur usagé (M)
17. Vérifier l'état de la culasse, du couvercle et des logements de clapets
 - a. Si vous constatez, la présence sur l'une ou plusieurs de ces pièces d'aspérités, de rayures ou de traces de corrosion, il faut remplacer les pièces défectueuses
 - b. Sinon, procédez à un nettoyage des pièces à l'aide d'un chiffon doux non-pelucheux
18. Ôter la vis U, retirer et remplacer le clapet supérieur usagé (P)
19. Remplacer le joint V
20. Reposer le couvercle T à l'aide des 6 vis de fixation (S) qui seront vissées en croix et alternativement de façon à répartir les forces sur l'ensemble de l'assemblage
21. Reconnecter les 2 têtes de pompe entre elles
22. Reconnecter la pompe à l'analyseur (électrique et fluide)
23. Vérifier le débit d'aspiration (voir paragraphe 1.3.2)

Annexe 7 : Procédure de vérification de la tension exercée sur le filtre de la MP101M

1. Arrêter le cycle de mesure en cours sur l'appareil en appuyant sur la touche F5 « Menu général ⇨ Mesure ⇨ Synoptique »
2. Ouvrir la porte avant de l'analyseur

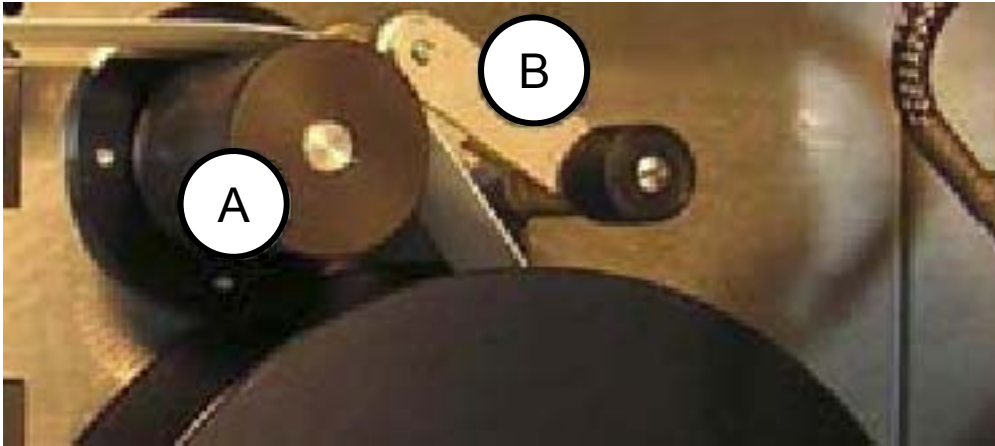


Figure A7.1 : Photographie du cabestan d'entraînement du ruban filtre et du galet presseur (côté bobine réceptrice de l'analyseur).

3. Faire descendre le plateau mobile de l'ensemble presseur :
 - a. Aller dans le menu « Menu général ⇨ Tests ⇨ Entrées/Sorties carte mère »
 - b. Aller dans le champ « Plateau » à l'aide des touches [↑] (F4) et [↓] (F5) et valider à l'aide de la touche [>] (F6)
 - c. Appuyer sur la touche [s] (en dessous de descente / F2)
 - d. Le moteur du plateau se met en marche et s'arrête après 5 secondes
4. Soulever le galet presseur (B)
5. Découper une bande de papier lisse (type feuille d'imprimante) ayant pour dimension 10 à 15 cm de long sur 2,5 cm de large
6. Glisser cette bande de papier entre le cabestan d'entraînement (A) et le ruban filtre
7. Vérifier que seule la rotation du cabestan (A) permet à la bande de papier lisse d'avancer
8. Faire avancer le papier en continu
 - a. Aller dans le menu « Menu général ⇨ Tests ⇨ Entrées/Sorties carte mère »
 - b. Aller à la ligne « Filtre » à l'aide de la touche [↑] (F4) et [↓] (F5) et valider à l'aide de la touche [Test] (F3)
 - c. Appuyer sur la touche [...] (F6)
 - d. Le moteur d'avancement se met en marche continue
9. Retenir la bande de papier lisse pour empêcher son entraînement par le cabestan (A)
10. Vérifier que le ruban filtre n'avance pas alors que le cabestan tourne toujours
 - a. Si c'est le cas, retirer la bande de papier lisse et repositionner le galet presseur (B)

- b. Sinon, il se peut que la bobine débitrice soit trop serrée. Pour la desserrer, dévisser un peu le bouton moleté et le ressort de la bobine et refaire le test papier ci-dessus jusqu'à ce que le ruban filtre n'avance plus.

Annexe 8 : Procédures de contrôle du débit de prélèvement, de vérification de l'étanchéité du débit d'aspiration de la MP101M

A.8.1. Contrôle du débit de prélèvement

Ce test permet de vérifier la conformité de la mesure de débit effectuée par l'analyseur par rapport à une mesure de débit réalisée à l'aide d'un débitmètre raccordé (type Drycal). Pour la réalisation de la mesure de débit sur l'ensemble du système de prélèvement (analyseur + ligne RST), 2 personnes sont nécessaires.

1. Lancer la mesure du débit d'aspiration sur l'analyseur
 - a. Aller dans le menu « Menu général ⇒ Calibration ⇒ Débit »
 - b. Passer à l'écran suivant en appuyant sur [>>] (F2)
 - c. Appuyer sur la touche [Auto] (F4)
 - d. Mettre en marche la pompe en appuyant sur la touche [Départ] (F2)
2. Connecter le débitmètre en lieu et place de la tête de prélèvement
3. Vérifier l'accord entre les débits mesurés par l'analyseur en appuyant sur la touche [Détails] (F3) et en relevant la valeur notée derrière la ligne « Mesure » et par le débitmètre de référence
 - a. Si l'écart est inférieur à 1,5 L/min, retirer le débitmètre et remettre la tête de prélèvement en place
 - b. Si l'écart est supérieur à 1,5 L/min, procéder en premier lieu à la réalisation d'une mesure de débit sur l'analyseur uniquement (voir ci-dessous).

En complément, il est possible d'effectuer une mesure de débit de l'analyseur seul en connectant le débitmètre sur l'entrée échantillon de l'analyseur :

1. Dégager l'analyseur de sa ligne de prélèvement
2. Lancer la mesure du débit d'aspiration sur l'analyseur
 - a. Aller dans le menu « Menu général ⇒ Calibration ⇒ Débit »
 - b. Passer à l'écran suivant en appuyant sur [>>] (F2)
 - c. Appuyer sur la touche [Auto] (F4)
 - d. Mettre en marche la pompe en appuyant sur la touche [Départ] (F2)
3. Connecter le débitmètre muni de son embout d'adaptation à l'entrée échantillon
4. Vérifier l'accord entre les débits mesurés par l'analyseur en appuyant sur la touche [Détails] (F3) et en relevant la valeur notée derrière la ligne « Mesure » et par le débitmètre de référence
 - a. Si l'écart est inférieur à 1,5 L/min, retirer le débitmètre et remettre l'analyseur en place
 - b. Si l'écart est supérieur à 1,5 L/min, procéder en premier lieu à un test d'étanchéité (voir § A.8.2). Si celui-ci est satisfaisant, procéder à un étalonnage du débit (voir § A.8.3).

A.8.2. Test d'étanchéité

Ce test permet de vérifier qu'il n'y a aucune fuite ou micro-fuite sur l'analyseur ou sur le circuit de prélèvement. Il convient en cas de non-respect d'un contrôle de débit, de procéder par étape en recherchant tout d'abord les fuites sur l'analyseur seul puis sur

l'ensemble analyseur associé à sa ligne de prélèvement afin de localiser plus facilement les sources de fuite.

a- Procédure associée au test d'étanchéité « analyseur seul » :

1. Passer en position d'aspiration
 - a. Aller dans le menu « Menu général ⇒ Tests ⇒ Entrées/Sorties carte mère »
 - b. Aller à la ligne « P. Source » à l'aide des touches [↑] (F4) et [↓] (F5) et valider à l'aide de la touche [Test] (F3)
 - c. Appuyer sur la touche [s] (F2) en dessous de « Aspiration » ou « Rangement » (en fonction de la version de soft installée)
 - d. Le moteur du barillet se met en marche, la source est rangée, le barillet se met en position d'aspiration et le moteur s'arrête au bout de 5 secondes
 - e. Contrôler visuellement qu'il n'y a pas d'obstacle entre l'entrée l'aspiration et le ruban filtre
 - f. Contrôler visuellement que le barillet est bien positionné
 - g. Sortir de l'écran en appuyant sur la touche [↵] (F1)
2. Faire descendre le plateau
 - a. Aller à la ligne « Plateau » à l'aide des touches [↑] (F4) et [↓] (F5) et valider à l'aide de la touche [Test] (F3)
 - b. Appuyer sur la touche [s] (F2) en dessous de « Descente »
 - c. Le moteur du plateau se met en marche, le plateau descend et le moteur s'arrête au bout de 5 secondes
 - d. Contrôler qu'il n'y a pas d'obstacle à la descente
 - e. Sortir de l'écran en appuyant sur la touche [↵] (F1)
3. Faire avancer le ruban filtre
 - a. Aller à la ligne « Filtre » à l'aide des touches [↑] (F4) et [↓] (F5) et valider à l'aide de la touche [Test] (F3)
 - b. Appuyer sur la touche [s] (F5)
 - c. Le moteur d'avancement des bobines se met en marche, le papier avance et le moteur s'arrête au bout de 7 secondes
 - d. Sortir de l'écran en appuyant sur la touche [↵] (F1)
4. Faire monter le plateau
 - a. Aller à la ligne « Plateau » à l'aide des touches [↑] (F4) et [↓] (F5) et valider à l'aide de la touche [Test] (F3)
 - b. Appuyer sur la touche [s] (F5) en dessous de « Montée »
 - c. le moteur du plateau se met en marche, le plateau monte et le moteur s'arrête au bout de 5 secondes
 - d. Contrôler qu'il n'y a pas d'obstacle à la montée
 - e. Sortir de l'écran en appuyant sur la touche [↵] (F1)
5. Passer l'analyseur en mode aspiration
 - a. Aller à la ligne « Pompe » à l'aide des touches [↑] (F4) et [↓] (F5)
 - b. Passer le champ « OFF » en « ON » en appuyant sur la touche [*] (F3)
 - c. La pompe se met en marche et l'appareil indique un débit d'aspiration à l'écran
6. Boucher l'entrée d'aspiration de l'analyseur
7. Vérifier à l'écran la valeur du débit d'aspiration

- a. Si la valeur est < 5 L/min, passer à l'étape 8
 - b. Si la valeur est > 5 L/min, vérifier l'intégrité des points névralgiques de l'analyseur (ou de la ligne de prélèvement)
8. Faire descendre le plateau
 - a. Aller à la ligne « Plateau » à l'aide des touches [↑] (F4) et [↓] (F5) et valider à l'aide de la touche [Test] (F3)
 - b. Appuyer sur la touche [s] (F2) en dessous de « Descente »
 - c. Le moteur du plateau se met en marche, le plateau descend et le moteur s'arrête au bout de 5 secondes
 - d. Sortir de l'écran en appuyant sur la touche [↵] (F1)
 9. Couper l'aspiration
 - a. Aller à la ligne « Pompe » à l'aide des touches [↑] (F4) et [↓] (F5)
 - b. Passer le champ « ON » en « OFF » en appuyant sur la touche [*] (F3), la pompe s'arrête
 10. Retirer le bouchon

b- Procédure associée au test d'étanchéité « analyseur et ligne de prélèvement » :

1. Suivre la procédure « analyseur seul »
2. Mettre un bouchon en lieu et place de la tête de prélèvement
3. Relancer la procédure « analyseur seul » à partir de l'étape n°7

A.8.3. Etalonnage du capteur de débit de prélèvement

1. Lancement de la procédure d'étalonnage
 - a. Aller dans le menu « Menu général ⇒ Calibration ⇒ Débit »
 - b. Passer à l'écran suivant en appuyant sur [>>] (F2)
 - c. Appuyer sur la touche [Auto] (F4), la séquence d'étalonnage s'affiche
 - d. Lancer la première étape de l'étalonnage (initialisation) en appuyant sur la touche [Départ] (F2)
2. Laisser l'appareil poursuivre la séquence : étape « initialisation » – étape « séchage papier » - étape « calibration »
3. Comparer à l'écran la valeur du débit d'aspiration de consigne et du débit d'aspiration mesuré
 - a. Si l'écart entre les 2 valeurs est $< 1,5$ L/min, arrêtez la procédure en appuyant sur la touche [Arrêt] (F2)
 - b. Si l'écart entre les 2 valeurs est $> 1,5$ L/min, poursuivre cette procédure
4. Dégager l'analyseur de sa ligne de prélèvement
5. Raccorder un débitmètre de référence (type Drycal) sur l'embout rétractable de l'analyseur en utilisant un adaptateur adéquat
6. Afficher les paramètres de calcul du débit d'aspiration (pressions amont et aval de l'orifice critique, pression atmosphérique, températures au niveau du filtre ruban et atmosphérique), en appuyant sur la touche [Détails] (F3)
7. Lancer la procédure de calcul automatique du coefficient de débit
 - a. Aller à la ligne « Etalon » à l'aide des touches [↑] (F4) et [↓] (F5) et activer la saisie du débit lu sur le débitmètre de référence en appuyant sur la touche [*] (F3)

- b. Saisir la nouvelle valeur du débit (en L/min) à l'aide des touches [\uparrow] (F4), [\downarrow] (F5) et [\rightarrow] (F3)
 - c. Valider en appuyant sur la touche [\leftarrow] (F6), l'appareil calcule alors automatiquement le nouveau coefficient d'étalonnage « Coef. D » et l'affiche
 - d. Valider ce nouveau coefficient en appuyant sur la touche [Mémo.] (F2)
 - e. Quittez l'écran en appuyant sur la touche [\lll] (F1)
8. Comparer à l'écran la valeur du débit d'aspiration de consigne et du débit d'aspiration mesuré
- a. Si l'écart entre les 2 valeurs est $< 0,8$ L/min, arrêtez la procédure en appuyant sur la touche [Arrêt] (F2)
 - b. Si l'écart entre les 2 valeurs est $> 0,8$ L/min, réitérez les étapes 6 à 8

Annexe 9 : Procédures de vérification de l'étalonnage de la jauge Bêta et de la linéarité de la MP101M

A.9.1. Procédure de vérification et d'ajustement de l'étalonnage de la jauge Bêta

1. Lancement de la procédure d'étalonnage
 - a. Aller dans le menu « Menu général ⇒ Calibration ⇒ Jauge Bêta »
 - b. Passer à l'écran suivant en appuyant sur [>>] (F2)
 - c. Appuyer sur la touche [Auto] (F4), la séquence d'étalonnage s'affiche
 - d. Lancer la première étape de l'étalonnage (initialisation) en appuyant sur la touche [Départ] (F2)
2. Laisser l'appareil poursuivre la séquence : étape « initialisation » – étape « séchage papier » - étape « blanc » jusqu'à ce que la ligne « Mise en place de la cale » clignote
3. Placer la cale étalon entre le porte-source et le ruban papier en la glissant dans les 2 ergots prévus et jusqu'à entendre un clic qui signifie que la cale est en butée
4. Relancer la séquence d'étalonnage en appuyant sur la touche [->] (F3)
5. Laisser l'appareil poursuivre l'étape « calibration » jusqu'à ce que la ligne « Retrait de la cale » clignote
6. Retirer la cale et la replacer dans son logement à l'abri de la poussière
7. Finaliser la procédure en appuyant sur la touche [Arrêt] (F2)
8. Relancer un test masse (voir paragraphe 1.2.3.6)

A.9.2. Vérification de la linéarité de la jauge Bêta

La plage de masse surfacique qui est testée à l'aide du jeu de 3 cales étalon (feuille en polymère, de type Mylar montée sur un support adapté) fourni par le LCSQA-Mines Douai sur demande, correspond à une plage de concentration massique usuellement mesurée en AASQA (de 70 à 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en valeur journalière).

Le nombre de points de vérification de la linéarité a été fixé à 4 (3 points d'échelle et le zéro) avec 3 mesures indépendantes à chaque fois. Les manipulations à effectuer pour mesurer la masse surfacique des cales sont identiques à celles indiquées dans la procédure associée à la réalisation du test masse (§ 1.2.3.6). Une fois qu'une mesure est effectuée sur l'une des cales étalon, la masse moyenne déterminée par l'appareil est comparée à la masse affichée sur le constat de vérification fourni par le LCSQA-Mines Douai.

Lorsque les 4 points de vérification sont réalisés, un calcul de régression linéaire est effectué et les paramètres de la droite de régression sont comparés aux spécifications fixées à partir des résultats obtenus par le LCSQA-Mines Douai lors de la mise au point en laboratoire de la procédure de vérification de la linéarité et sur la base de spécifications utilisées dans la norme EN 12341 (1999). Ces spécifications sont rappelées dans le Tableau A9.1.

Tableau A9.1 : Spécifications sur les paramètres statistiques issus du contrôle de linéarité sur site du MP101M.

Critères statistiques à vérifier sur les paramètres de la droite de régression Y (masse mesurée M) = pente de la droite x [X(masse annoncée Réf)] + ordonnée à l'origine	
Coefficient de régression	$R^2 \geq 0,95$
Ordonnée à l'origine	$\leq 50 \mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$ (*)
Pente de la droite	$= 1 \pm 0,05$

(*) : La valeur de $50 \mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$ correspond à 10 fois la limite de détection annoncée par le constructeur dans une configuration cyclique 24 heures.

Annexe 10 : Procédure associée au test de zéro de la MP1010M

1. Réaliser d'abord un test d'étanchéité (voir Fiche 11)
2. Arrêter le cycle de mesure en cours sur l'appareil en appuyant sur la touche (F5) « Menu général ⇒ Mesure ⇒ Synoptique »
3. Enlever la tête de prélèvement
4. Connecter le filtre HEPA (voir Figure A10.1) à l'entrée de la ligne RST (i.e. à l'extérieur de la station) en utilisant un système de jonction étanche et adéquat (référence disponible auprès du constructeur)



Figure A10.1 : Filtre HEPA

5. Aller dans le menu « Configuration ⇒ Mode de mesure ». Aller à la ligne « Durée de cycle » à l'aide des touches [↑] (F4) et [↓] (F5) et régler la durée du cycle à 24 h. Aller à la ligne « Durée de période » à l'aide des touches [↑] (F4) et [↓] (F5) et régler la durée du cycle à 2 h
6. Aller à l'écran suivant en appuyant sur la touche [→] (F6). Aller à la ligne « Type de départ » et régler le départ sur immédiat
7. Sortir de l'écran en appuyant sur la touche [↖] (F1)
8. Aller dans le menu « Mesure ⇒ Synoptique », démarrer le cycle en appuyant sur [Start] (F5)
9. Laisser l'appareil fonctionner ainsi pendant au moins 15 périodes consécutives (soit un minimum de 30 heures)
10. Relever la valeur des 12 dernières périodes et calculer la moyenne et l'écart-type sur cette série de valeurs
11. Arrêter le cycle de mesure en cours sur l'appareil en appuyant sur la touche (F5) « Menu général ⇒ Mesure ⇒ Synoptique »

Annexe 11 : Procédure associée au remplacement du ruban filtre sur la BAM 1020

1. Mettre la BAM 1020 sous tension. La buse de l'échantillon devrait se soulever automatiquement.
2. Soulevez le galet presseur en caoutchouc (à gauche) et le verrouiller en position haute.
3. Dévissez et retirez les deux couvercles de bobine en plastique.
4. Un support de rouleau vide doit être installé sur le moyeu du rouleau de gauche (récupération). Ceci fournit une surface d'accroche pour le ruban-filtre utilisé. Met One fournit un tube de base en plastique à utiliser avec le premier rouleau de ruban adhésif. Après cela, vous pouvez utiliser le tube de moyeu vide laissé au cours de la dernière exécution. Ne jamais fixer le ruban-filtre sur le moyeu en aluminium.
5. Chargez le nouveau rouleau de ruban-filtre sur la bobine de droite (alimentation) et faites passer la bande à travers l'ensemble du transport comme indiqué sur la Figure A11.1.
6. Fixez l'extrémité libre du ruban-filtre sur le tube du moyen vide avec du ruban adhésif en cellophane ou équivalent.
7. Tourner le rouleau de ruban à la main pour tendre celui-ci, puis réinstallez les deux couvercles de bobine en plastique. Les couvercles doivent être serrés afin de bien maintenir la bande en place et l'empêcher de glisser.
8. Alignez le ruban-filtre de sorte qu'il soit centré sur tous les rouleaux. Certains modèles ont des repères sur les rouleaux afin d'aider au centrage visuel du ruban.
9. Déverrouillez et abaissez le galet sur le ruban. La BAM 1020 ne peut pas abaisser automatiquement le galet et l'unité ne fonctionnera pas si le galet est laissé verrouillé en position haute.
10. Appuyez sur la touche TENSION dans le menu TAPE. La BAM 1020 mettra le ruban à la bonne tension et vous alertera s'il y avait une erreur dans le processus.

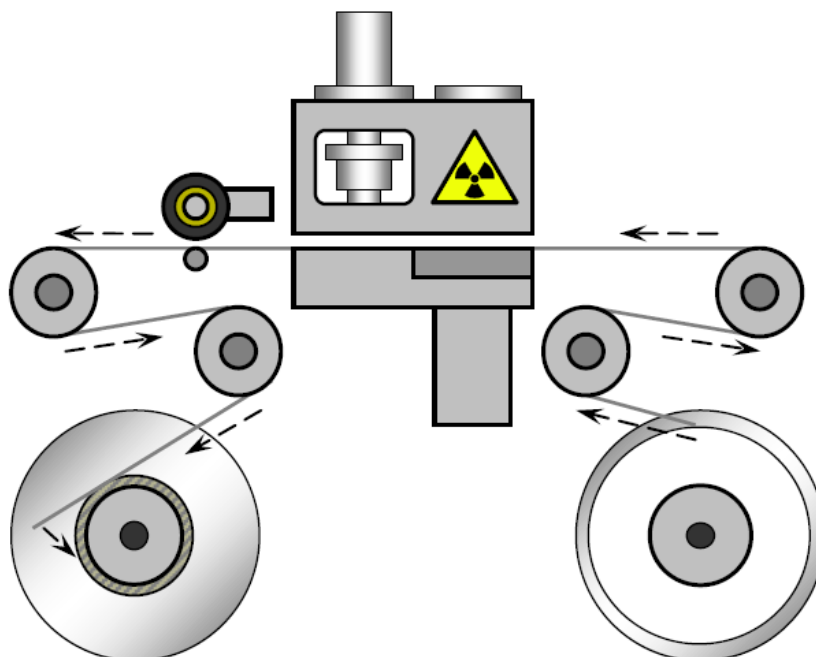


Figure A11.1 : Sens d'introduction du ruban filtre dans la BAM 1020

Annexe 12 : Procédure associée au nettoyage de la buse et de la grille de la BAM 1020

1. Verrouiller le galet presseur
2. Dévisser les 2 supports papier
3. Retirer le ruban-filtre
4. Imbiber un coton tige en bois d'isopropanol (alcool isopropylique)
5. Nettoyer la grille (partie se trouvant sous le papier filtre)
6. Mettre la buse en position base en utilisant le menu TEST>PUMP
7. Nettoyer la buse en la soulevant vers le haut avec le pouce et en la faisant tourner plusieurs fois (voir Figure A12.1)
8. Envoyer un faisceau lumineux au niveau de l'entrée de l'analyseur pour vérifier qu'il n'y a pas de débris restants
9. Nettoyer le galet presseur à l'aide d'un autre coton tige imprégné et sécher le à l'aide d'un chiffon doux non pelucheux

N.B. : Attention de ne pas aller dans la zone sensible (fente du Bloc Bêta entre le détecteur et la source) lors de l'opération de nettoyage de la buse et de la grille.

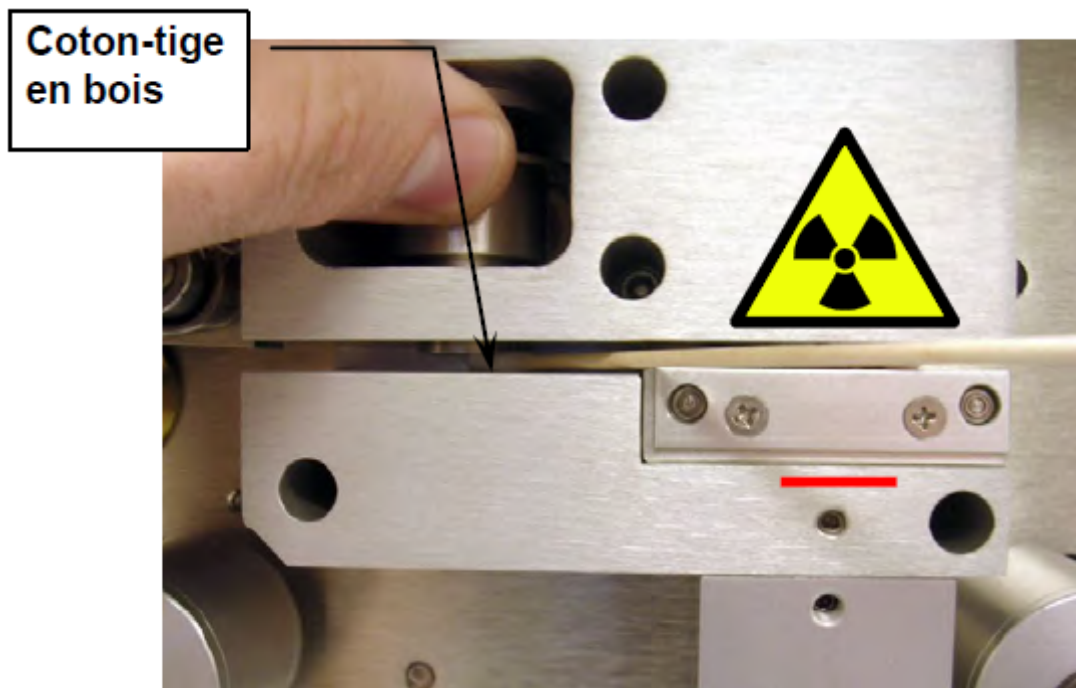


Figure A12.1 : Nettoyage de la buse de la BAM 1020

Annexe 13 : Ajustement de l'horloge et vérification des messages d'erreur sur la BAM 1020

A.13.1. Ajustement de l'horloge de la BAM 1020

Dans l'écran SETUP > CLOCK, il est possible de régler la date et l'heure. L'horloge gère un cycle de 24 heures. Utilisez les touches fléchées pour sélectionner et incrémenter / décrémenter le champ désiré, puis appuyez sur la touche SAVE.

N.B. : L'horloge de la BAM 1020 peut dériver jusqu'à deux minutes par mois. La batterie de secours au lithium conserve l'horloge en marche pendant l'arrêt.

A.13.1. Vérification des messages d'erreur de la BAM 1020

Vérifier les codes d'erreur en cours ou les codes d'erreur récents dans l'historique des messages en allant dans le menu SETUP > ERRORS ou en appuyant directement sur la touche de fonction F3.

Constat : Des défauts de fonctionnement sont répertoriés dans l'un ou l'autre des écrans.

Solution : Il faut se reporter au tableau présenté dans les pages 57 à 60 de la notice française de l'appareil [2]. Pour information, une version simplifiée de ce tableau est présentée sur la Figure A3.1 ci-après.

Code	Type d'alarme / d'erreur	Description de base
E	Reset externe	échec de réinitialisation de l'horloge BAM.
U	Défaut de télémétrie	faute de l'enregistreur externe.
M	Alarme maintenance	cycle de l'échantillon arrêté suite à l'entrée dans les menus SETUP ou TEST.
I	Erreur interne du processeur	erreur interne du processeur, ou absence de liaison de données entre les unités secondaires.
L	Panne de courant	une panne de courant a empêché la réalisation de l'échantillon.
R	Membrane de référence	la membrane span de référence ne sort ou ne rentre pas correctement.
N	Erreur buse	mauvais fonctionnement du moteur buse.
F	Erreur débit	défaillance du système de débit, ou de la température / défaillance du capteur de pression.
P	Alarme chute de pression	ruban-filtre bloqué par un chargement de poussière excessif.
D	Densité Span Déviante	la valeur du span check ne correspond à la valeur ABS attendue.
C	Erreur de comptage	erreur du détecteur de particules Beta.
T	Erreur système du ruban	ruban-filtre cassé ou erreur dans le système de commande du ruban.

Figure A13.1 : Description des types d'alarme représentés par chaque code erreur de la BAM 1020

Annexe 14 : Procédure associée au remplacement des joints toriques de la buse de la BAM 1020

La buse échantillon peut être retirée de l'appareil et remise en place en utilisant le kit d'outils BX-308.

1. Placer la buse en position basse en utilisant le menu TEST>PUMP
2. Retirer le ruban-filtre et le couvercle principal du boîtier de la BAM 1020
3. Retirez les quatre vis (deux Philips à tête plate, deux 9/64" hex) qui fixent le cadre récepteur d'entrée au châssis de la BAM. Soulever l'ensemble hors de la BAM (voir Figure A14.1). Il n'est pas nécessaire de retirer le support du cylindre du récepteur d'entrée.
4. Retirez les trois vis 9/64" hex qui fixent l'adaptateur de buse à la partie supérieure du bloc Bêta (une clé hexagonale avec poignée en T est plus facile à utiliser). L'adaptateur de buse peut maintenant être enlevé de la partie supérieure de la buse, révélant l'emplacement des joints. Nettoyez le dessus de la buse.
5. Retirez le joint torique de la rainure. Bien nettoyer la gorge des joints et l'intérieur à l'aide d'isopropanol et d'un coton-tige, puis installer le nouveau joint torique et le lubrifier avec de la graisse silicone.
6. Vérifiez l'action haut / bas de la buse à nouveau avant le remontage. Si l'action de la buse est lisse, réinstallez l'adaptateur de buse et le récepteur d'entrée. Vérifiez l'action de la buse après chaque étape du remontage pour identifier les coincements éventuels. Effectuer un test de fuite normal lorsque vous avez terminé.

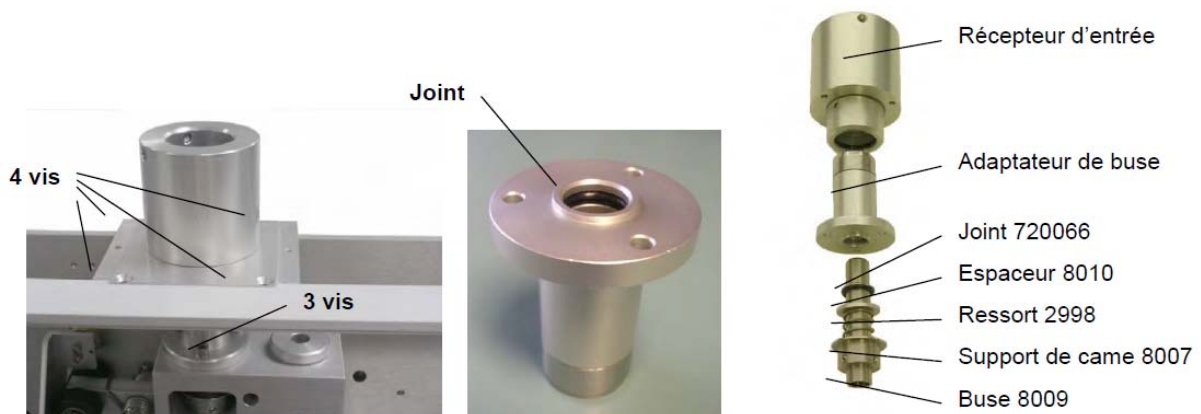


Figure A14.1 : Démontage de la buse de la BAM 1020 et position du joint torique à nettoyer ou remplacer

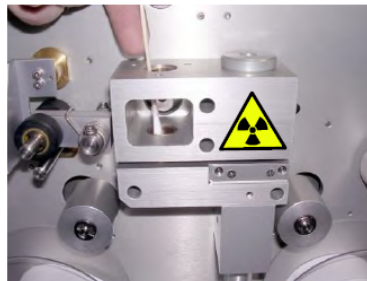
7. Si l'action de la buse est encore difficile avec l'adaptateur de buse enlevé, la buse doit être retirée et la buse et les bagues nettoyées. Desserrer les deux (ou trois) vis de réglage de came avec une clé hexagonale 5/64 hex. La buse peut maintenant être extraite. Le support de came, le ressort et l'entretoise peuvent être retirés de l'avant du bloc (voir Figure A14.2).
8. Nettoyez la buse à l'intérieur et à l'extérieur et inspecter la face buse pour toutes les bavures ou les défauts. Nettoyer les deux trous de la douille laiton avec un coton- ainsi que le dessous de la grille de support du ruban. Les traversées n'ont pas besoin d'être lubrifié. Réinstaller le suiveur de came, le ressort et l'entretoise et les aligner avec les trous de la traversée.
9. Abaisser la buse à travers l'alésage. Les deux cales en laiton doivent être positionnées comme indiqué avant que les vis ne soient serrées pour retenir la buse.

La cale carrée doit être sous la face de la buse. La cale fendue passe sous le suiveur de came. Serrer les vis de façon uniforme, seulement un peu à la fois pour éviter de fausser la buse.

10. Retirer les cales et vérifier l'action haut / bas de la buse avant de remonter l'adaptateur de buse et le récepteur d'entrée. Le mouvement doit être lisse et même après chaque étape du remontage. Si la buse coince encore, contacter le revendeur.



Retrait de la buse



Nettoyage des traverses



Remontage à l'aide de cales

Figure A14.2 : Démontage, réglage et remontage de la buse de la BAM 1020

Annexe 15 : Procédure associée à l'étalonnage des capteurs de température et de pression de la BAM 1020

1. Entrez dans le menu TEST> FLOW, comme indiqué ci-dessus. La buse s'abaisse automatiquement lorsque l'écran apparaît.
2. Sélectionnez le paramètre AT s'il n'est pas déjà sélectionné. Mesurez la température ambiante avec votre appareil de référence standard situé à proximité de la sonde de température ambiante de la BAM 1020. Entrez la valeur de votre standard de référence dans le champ STD à l'aide des touches fléchées. Appuyez sur la touche CAL pour étalonner la BAM. Les valeurs de température et la valeur STD devraient maintenant être les mêmes.
3. Appuyez sur la touche NEXT pour sélectionner le champ BP. Entrez la valeur de pression barométrique de votre standard de référence dans le champ STD et appuyez sur la touche CAL pour étalonner la BAM. La BAM et la valeur de pression STD devraient maintenant être les mêmes.

Annexe 16 : Procédures de contrôle du débit de prélèvement, de vérification de l'étanchéité et d'étalonnage du débit d'aspiration de la BAM 1020

A.16.1. Contrôle du débit de prélèvement

La BAM 1020 est livrée avec des paramètres usine de calibration du débit qui permettent à l'unité de contrôler avec précision le débit d'échantillonnage à 16,7 L/min. Le test de vérification du débit de prélèvement se déroule comme suit :

1. Entrez dans le menu TEST>TAPE. Cela va arrêter le cycle de fonctionnement de l'unité. Appuyez sur la touche FWD pour faire avancer la bande d'une "fenêtre" à un endroit propre et inutilisé.
2. Installez le débitmètre référence en lieu et place de la tête de prélèvement et contrôlez le débit de l'appareil via le menu TEST> FLOW. Comparer l'écart entre ces débits à l'écart maximal tel qu'indiqué dans le Tableau 4 (cf. § 2.3). Si l'écart est trop important procéder à un test de fuite.

A.16.2. Vérification de l'étanchéité du système

Procédez comme suit pour vérifier les fuites sur la BAM 1020 :

1. Entrez dans le menu TEST>TAPE. Cela va arrêter le cycle de fonctionnement de l'unité. Appuyez sur la touche FWD pour faire avancer la bande d'une "fenêtre" à un endroit propre et inutilisé.
3. Retirez la tête PM₁₀ du tube d'entrée et installez une vanne de test de fuite (réf. : BX-305 ou équivalent) sur le tube d'entrée. Si un cyclone PM_{2.5} est utilisé et étant donné que cet élément est une source possible de fuite, il convient d'installer un clapet anti-retour de fuite sur le dessus du cyclone afin de le tester.
4. Tournez la vanne sur la position OFF pour empêcher l'air de pénétrer dans le tube d'entrée.
5. Entrez dans le menu TEST>PUMP et démarrez la pompe. Le débit standard affiché sur l'écran du BAM devrait se stabiliser à moins de 1,0 L/min en 20 secondes environ. Notez la valeur. Si la valeur du débit de fuite est supérieure à 1,0 L/min, il y a peut-être une petite fuite dans le système. Si la valeur de fuite est supérieure à 1,5L/min, il peut y avoir une fuite plus importante.
6. Si une fuite est indiquée, la première chose à vérifier est l'existence d'une fuite une fois le cyclone PM_{2.5} retiré. Ensuite, nettoyer la buse et la grille selon la procédure donnée en Annexe 12, nettoyer la vanne de régulation de débit et effectuer un nouveau test d'étanchéité. Lorsque la fuite est résolue et la valeur de contrôle de fuite est inférieure à 1,0 L/min, notez la nouvelle valeur obtenue.
7. Si le problème de fuite persiste après que la buse et la vanne de régulation de débit aient été nettoyées, la source de la fuite peut alors être isolée en utilisant une cale en caoutchouc (Réf. : 7440 fournie dans le kit d'outils BX-308). Le ruban filtre doit être retiré et la cale insérée avec le trou centré sous la buse pour éliminer les effets de fuite à travers le ruban filtre. La cale peut également être retournée et le côté solide placé sous la buse afin d'isoler les fuites en aval de la vanne.
8. Une fois la fuite identifiée et résolue, mettez la pompe hors tension et retirez la vanne de test de fuite.

A.16.2. Etalonnage du débit de prélèvement

L'étalonnage du débit de prélèvement ne sera possible qu'une fois l'étalonnage des capteurs de température et de pression effective (voir Annexe 15)

1. Lancer la procédure d'étalonnage des capteurs de température et de pression selon les indications données dans l'Annexe 15.

2. Retirez la tête PM₁₀ du tube d'entrée et installez votre débitmètre de référence sur l'entrée en tête de ligne. Appuyez sur la touche NEXT pour sélectionner le point de premier débit de 15,0 L/min. La pompe se met en marche automatiquement. Laissez l'unité réguler le débit jusqu'à ce que la lecture se stabilise au débit cible. Entrez la valeur du débit de votre appareil de base dans le champ STD en utilisant les touches fléchées, puis appuyez sur la touche CAL. Remarque: La lecture du débit du BAM ne changera pas pour correspondre à la valeur STD avant d'avoir saisi les trois points d'étalonnage de débit, car le calcul se fait selon une pente.

5. Appuyez sur la touche NEXT pour sélectionner le second point de débit de 18,4 L/min. Laissez le débit se stabiliser à nouveau, puis entrez la valeur de votre appareil standard et appuyez sur la touche CAL.

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.

6. Appuyez sur la touche NEXT pour sélectionner la régulation du débit au point 16,7 L/min. Laissez le débit se stabiliser à nouveau, puis entrez la valeur de votre appareil standard et appuyez sur la touche CAL.

7. La lecture du débit BAM va maintenant changer pour afficher le débit corrigé, la BAM 1020 va ensuite rapidement réguler de nouveau le débit de 16,7 L/min en fonction du nouvel étalonnage. Le débit affiché par la BAM 1020 devrait maintenant correspondre au niveau de votre dispositif de débit de $16,7 \pm 0,1$ L/min.

8. Quittez le menu d'étalonnage.

Annexe 17 : Procédure associée au test de zéro de la BAM 1020

L'unité doit être préchauffée pendant environ 24 heures avant de commencer le test de zéro pour assurer la meilleure stabilité. Des tests de fuite et de débit doivent être effectués avant de procéder aux étapes suivantes pour le test de fond du zéro:

1. La valeur BKGD est située dans le menu SETUP>CALIBRATE. Notez la valeur existante BKGD, puis changez-la en 0.0000. Enregistrez et retournez au menu principal.
2. Retirez l'entrée PM₁₀ et le cyclone PM_{2.5} afin de permettre l'installation du kit de calibrage de filtre zéro BX-302. Ne pas oublier d'installer le système de chauffage (smart heater).
3. Laissez la BAM 1020 en mode échantillon pour au moins 72 heures
4. Après au moins 72 heures de fonctionnement, téléchargez les données de test de l'unité et importez-les dans un tableur pour analyse. Le journal des erreurs ne doit pas contenir d'indicateurs d'erreur pendant la période d'essai.
5. Calculez la moyenne des 72 concentrations horaires à quatre décimales. La nouvelle valeur BKGD est tout simplement le négatif de cette moyenne. Entrez la nouvelle valeur BKGD dans le menu SETUP>CALIBRATE sur la BAM 1020. Par exemple, si la moyenne de l'échantillon de données ci-dessous est 0,0021 mg (2,1 µg/m³), alors la valeur correcte BKGD est -0,0021.
6. Comparez la nouvelle valeur BKGD à la valeur BKGD réglée précédemment. La nouvelle valeur BKGD devrait généralement varier de moins de 2 µg/m³ par rapport à la valeur précédente sauf lors de la première installation ou l'on tolère une variation par rapport à la valeur BKGD réglée en usine jusqu'à 7 µg/m³.
7. Retirez le kit BX-302 et réinstallez la tête de prélèvement et le cyclone. L'appareil peut maintenant être exploité normalement. La nouvelle valeur BKGD sera automatiquement appliquée à tous les points de données horaires de concentration mesurée avec la BAM 1020.