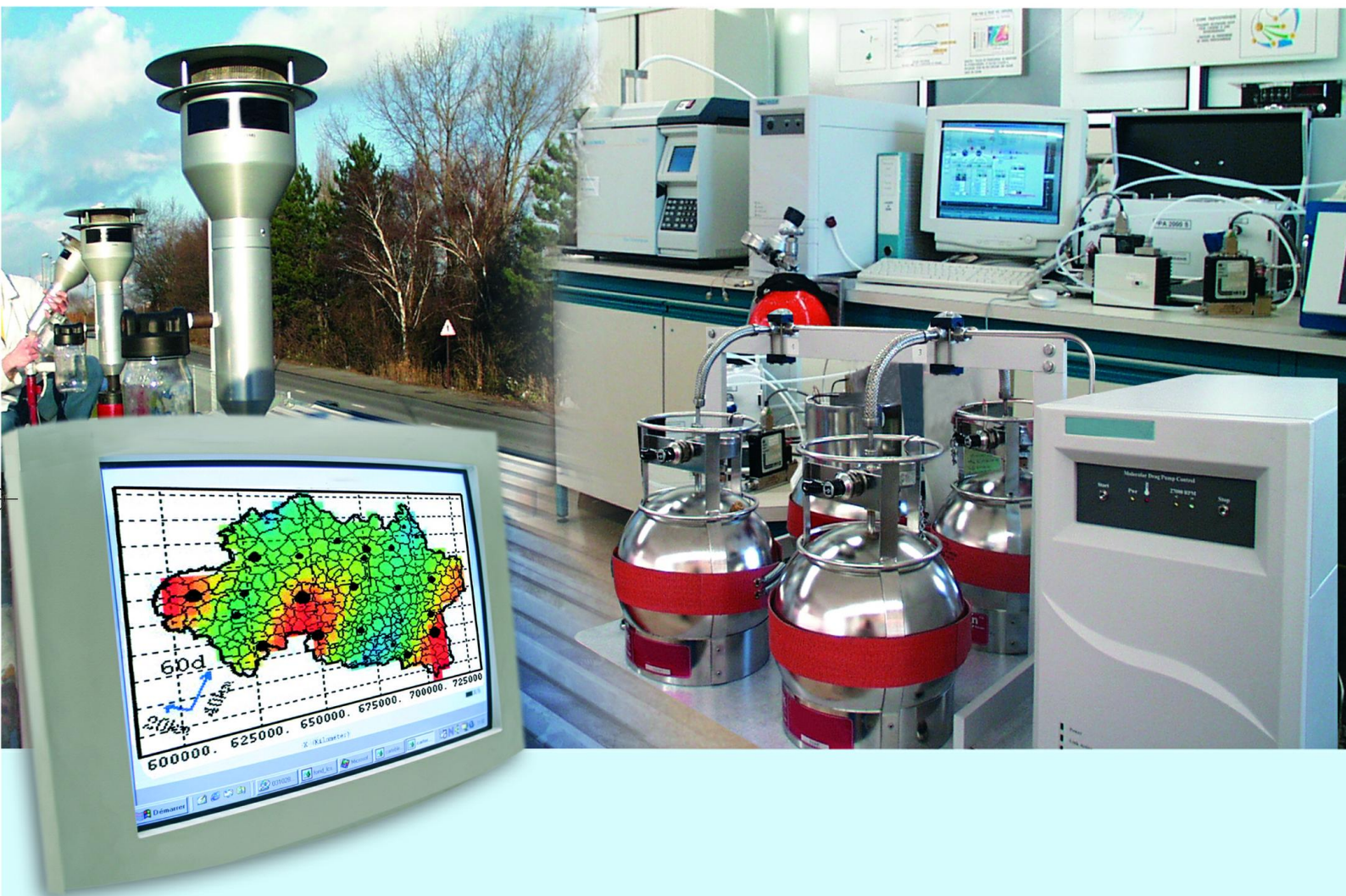




Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air



Métrologie – Métrologie des particules PM₁₀ et PM_{2.5}

**Suivi et optimisation de l'utilisation des TEOM-FDMS,
partie 1/2 :**

Guide pour l'utilisation du TEOM-FDMS

Mai 2009

Programme 2009

G. AYZOZ et A. USTACHE





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'Ecole 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, sous la coordination technique de l'ADEME et 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'Energie et du Climat du Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement durable et de la Mer 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.



Suivi et optimisation de l'utilisation des TEOM- FDMS, Partie ½ : Guide pour l'utilisation du TEOM-FDMS

Laboratoire Central de Surveillance
de la Qualité de l'Air

Métrologie – Métrologie des particules PM₁₀ et PM_{2.5}

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

2009

G. AYMOZ, A. USTACHE (INERIS)

Ce document comporte 33 pages (hors couverture)

	Rédaction	Vérification	Approbation
NOM	Gilles AYMOZ	Eva LEOZ-GARZIANDIA	Dominique GOMBERT
Qualité	Ingénieur Unité CIME	Responsable Unité CIME	Directeur Adjoint DRC
Visa	<i>P/O Aurélien USTACHE</i>	<i>[Signature]</i>	<i>[Signature]</i>
NOM			Martine RAMEL
Qualité			Responsable LCSQA- INERIS
Visa			<i>Ramel</i>

TABLE DES MATIÈRES

RESUME - INTRODUCTION	9
1. PARAMETRES D'INTERET	10
2. GUIDE EN CAS DE PANNE.....	11
Fiche 1 : Défaillance de la pompe.....	12
Fiche 2.1 : Etanchéité du système.....	14
Fiche 2.2 : Etanchéité (mo airparif).....	16
Fiche 2.3 : Test de fuite (Logigrammes Airbreizh)	17
Fiche 2.4 : Fuite au niveau de la vanne	21
Fiche 3 : Défaillance du séchage.....	22
Fiche 4 : Défaillance de la microbalance	23
Fiche 5 : Permutation de la vanne	25
Fiche 6 : Défaillance du peltier	26
Fiche 7 : Défaillance de la climatisation de la station.....	27
Fiche 8 : Connexion utilisées par airparif	28
Fiche 9 : Changement du filtre de purge.....	29
3. CONTROLE QUALITE A RECEPTION ET EN ROUTINE	30

RESUME - INTRODUCTION

Le présent guide a pour objet de fournir une aide aux utilisateurs des TEOM-FDMS dans les AASQA. Il a été construit à partir des expériences de chacune des AASQA, rencontrées au cours des journées d'échange sur les TEOM-FDMS ayant eu lieu en 2008 et 2009, et au cours desquelles l'ensemble des AASQA ont été consultées. Ce document est par définition évolutif, et toutes remarques, contributions, critiques... sont les bienvenues, et doivent être adressées directement au LCSQA (Aurélien Ustache, aurelien.ustache@ineris.fr)

Nous observons, depuis 2007, une nette évolution dans la connaissance technique du fonctionnement du TEOM-FDMS, tant au niveau des solutions à apporter en cas de problème que des procédures à mettre en œuvre pour vérifier le fonctionnement de l'outil en routine :

Concernant le premier point, le Tableau 1, présenté page 11, synthétise en grande partie l'état de notre connaissance. En particulier, une partie importante des premiers problèmes observés, qui sont notamment les fuites et les performances de la microbalance, sont désormais bien identifiés, et les solutions trouvées par chacun sont regroupées dans la partie 3 "Guide en cas de panne" de ce document.

Ensuite, afin d'assurer la qualité des données produites par le TEOM-FDMS, il est essentiel de mettre en place un suivi du fonctionnement des appareils, basé sur la vérification à réception et périodique de différents critères de fonctionnement. L'ensemble des opérations QC/QA pouvant être mises en œuvre est présenté dans la quatrième partie de ce document "Contrôle qualité à réception et en routine". Le format est identique à celui des tableaux de "Fréquence requises pour l'étalonnage, les contrôles et la maintenance" des normes en vigueur pour la mesure des gaz "classiques" (cf tableau 6 de la norme EN14211 pour les NOx, par exemple). L'objectif est de créer un outil directement compatible et intégrable dans les projets de normes en cours d'élaboration au niveau du CEN.

Nous recommandons de mettre en place le suivi de l'ensemble des paramètres du tableau 2. En particulier, nous recommandons très fortement de mettre en place le suivi des paramètres marqués en rouge et en gras dans ce tableau.

Enfin, ce document a été élaboré en tenant compte de l'expérience de chacune des AASQA. Ce document a donc vocation à évoluer, afin d'être remis à jour. Les modalités d'évolution de ce document sont à définir collectivement, et pourront être discutées en Commission de Suivi "Mesure des particules en suspension".

1. PARAMETRES D'INTERET

Un des objectifs de ce document est l'identification des paramètres à suivre pour la vérification du fonctionnement de l'outil et la localisation précise d'un problème. Les paramètres potentiellement intéressants, en plus de ceux classiquement vérifiés sur les TEOM classiques, sont alors :

Concernant la mesure

- la « Base Mass Conc » (code PRC 102) : moyenne horaire glissante rafraîchie toutes les 6 minutes des mesures en mode « Base » (ce qui fait en fait une moyenne des 5 dernières mesures)
- la « Réf Mass Conc » (code PRC 104) : moyenne horaire glissante rafraîchie toutes les 6 minutes des mesures en mode « Référence » (ce qui fait en fait une moyenne des 5 dernières mesures)
- la « Mass Conc » (code PRC 8) : moyenne horaire glissante rafraîchie toutes les 6 minutes (des 10 dernières mesures, 5 « Base » et 5 « Référence », que la dernière mesure soit une base ou une réf)

Concernant le fonctionnement de la microbalance

La fréquence de la microbalance (code PRC 012) et le bruit (code PRC 013)

Concernant l'efficacité de séchage

- La température ambiante (code PRC 123)
- L'humidité relative ambiante (code PRC 100)
- La température en entrée de sécheur (code PRC 112)
- L'humidité relative en entrée de sécheur (code PRC 113)
- **Le point de rosée ambiant (code PRC 114)**
- La température en sortie de sécheur (code PRC 110)
- L'humidité relative en sortie de sécheur (code PRC 111)
- **Le point de rosée échantillon (code PRC 99)**

Ces 8 paramètres sont redondants, et il est probablement suffisant de se limiter au suivi des points de rosée « entrée de sécheur » et « échantillon » (qui est en réalité une mesure de température et humidité réalisée physiquement entre la sortie du sécheur et avant la vanne), lesquels ont une véritable utilité.

2. GUIDE EN CAS DE PANNE

Afin d'orienter la recherche d'une défaillance quelconque du TEOM-FDMS, le tableau ci-dessous propose de cibler cette recherche à partir de deux paramètres clés vérifiables relativement facilement :

- La température du point de rosée en aval du sécheur
- La dépression lue en fonctionnement normal

Le croisement de ces deux informations dirige vers la ou les fiches permettant de mieux identifier et résoudre le problème.

		dP ²	
		> -20 inHg	< -20 inHg
T _{DP}	> Tc ¹	- Fiche 1 : Défaillance de la pompe - Fiche 2.1 : Etanchéité du système - Fiche 2.4 : Fuite au niveau de la vanne	Fiche 3 : Défaillance du séchage
	< Tc ¹	Fiche 2.1 : Etanchéité du système	- Fiche 4 : Défaillance de la microbalance - Fiche 5 : Permutation de la vanne - Fiche 6 : Défaillance du peltier - Fiche 7 : Défaillance de la climatisation de la station

Tableau 1 : Recensement des erreurs connues en fonction de la dépression dans le flux d'air (dP) et de la température de point de rosée échantillon (T_{DP}).

1 : Tc est une température critique en dessus de laquelle une action de prévention doit être réalisée. Cette température est au maximum de 0°C, mais une température de -2 à -4°C est probablement plus adaptée pour déclencher une action de prévention. De plus, il semble que le climat local peut conduire à être plus ou moins exigeant. Il est donc conseillé que chaque AASQA développe sa propre expertise sur ce sujet.

² : La valeur de -20inHg est également proposée à titre indicatif pour les mêmes raisons que la température critique.

ATTENTION : L'expérience montre que tous les FDMS ne fonctionnent pas avec tous les TEOM, il y a des couples préférentiels.

Il est donc préférable d'identifier les couples TEOM/FDMS fonctionnant de manière satisfaisante afin de privilégier leur utilisation dans cette configuration.

FICHE 1 : DEFAILLANCE DE LA POMPE

L'expérience montre que la pompe fournie par Thermo ne permet pas d'obtenir une dépression suffisante après quelques mois de fonctionnement.

Une maintenance ou un changement de pompe est à envisager si :

- la pression ne descend pas au moins à -25 inHg lors du test de fuite. (**-28 inHg recommandé**) (fiche 2.1)
- la dépression n'est pas inférieure à -20 inHg en fonctionnement normal. (**-22 inHg recommandé**)

2 possibilités pour améliorer le pompage :

1/ Deux pompes : une par circuit (option proposée par Ecomesure et testées par plusieurs AASQA)

Les premiers retours montrent de bons résultats pour ce montage, avec une dépression passant de -19 inHg (avec une seule pompe) à -27 inHg (avec ce montage). Ce montage est préférable au montage de pompes en parallèle.

L'impact sur le vieillissement des membranes des pompes reste à établir, et des pompes à palettes sèches sont actuellement en test sur le circuit 3l/min.

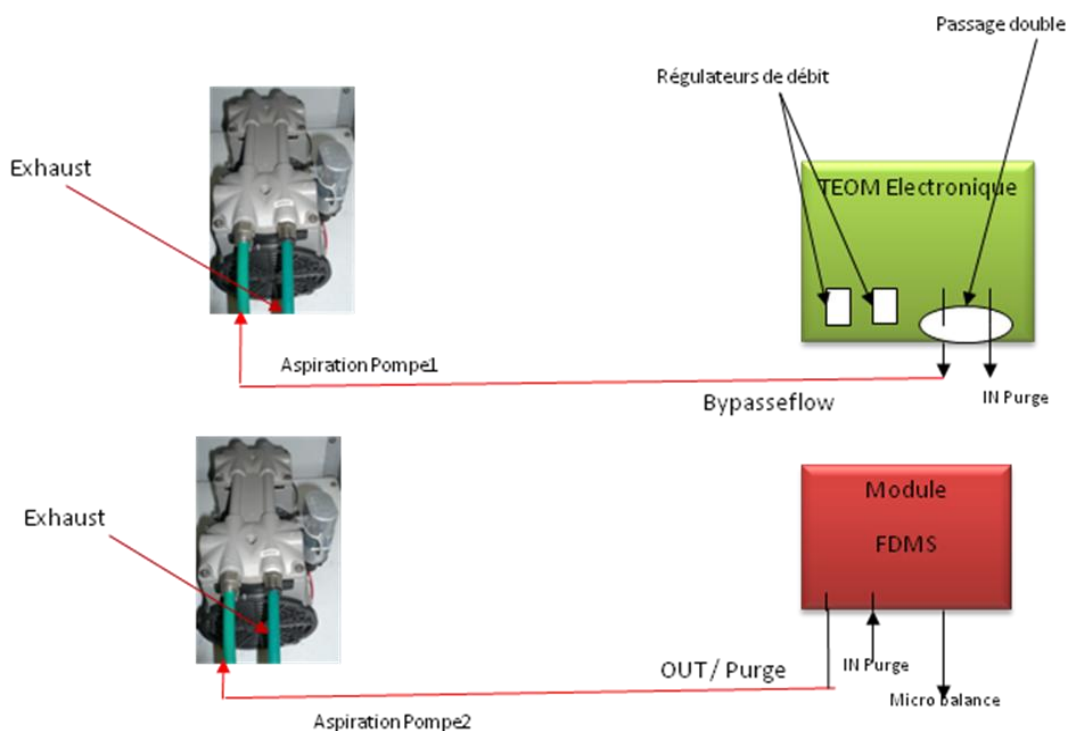


Figure 1 : Schéma du montage de deux pompes (une par circuit) (photo Madininair)

2/ Une pompe de plus grande capacité

Plusieurs pompes sont actuellement en test.

- Pompe THOMAS 2680 CGHI42 (env 225 €) : Assez bonne performance initiale, mais observation de perte de performance après quelques mois d'utilisation. Il semble par ailleurs qu'elle réclame un entretien assez important.
- Pompes à palettes graphite BUSCH Tiny SV1008 (Attente de retour).
- Pompes à palettes graphite Becker VT4.8 (Attente de retour).

Les pompes à palettes sèches présentent l'avantage d'un entretien très réduit mais sont plus coûteuses. (Environ 500€ à 1000€).

FICHE 2.1 : ETANCHEITE DU SYSTEME

MICRO FUITES

Symptômes : Suspicion de dérive de la « base », et/ou condensation sur le filtre 4°C. La procédure de raccordement de débit ne permet pas de détecter ce type de fuite.

Remèdes : A voir selon le cas, avec le constructeur. Une action de prévention efficace est de remplacer les connections à réception du matériel.

Proposition de procédure pour le test de fuite :

Cette proposition a été faite par Ecomesure. Le mode opératoire utilisé par AIRPARIF est proposé dans la fiche 2.2.

Matériel : vannes à boisseau sphérique PN25 présentant un passage de 3/8" (10mm). Ces vannes sont facilement disponibles en magasins spécialisés ou grande surface et sont utilisées comme vanne d'arrêt pour l'eau ou le gaz.

- installer une vanne d'isolation à l'entrée de la pompe à vide. La vanne peut être installée en permanence ou bien uniquement lors du test de fuite. Le manomètre doit être situé entre la vanne et le TEOM-FDMS.

- fermer l'adaptateur de débit installé sur le flow splitter, et attendre environ 1 minute que le système soit sous vide. Le manomètre du TEOM-FDMS doit descendre aux alentours de -28 inHg (environ -0,95 bar).

- Si l'indication du manomètre est aux alentours de -28 inHG

Fermer la vanne et observer l'aiguille du manomètre. Attendre 1mn : l'aiguille ne doit pas remonter de façon significative si le système est étanche.

- Si l'indication du manomètre est nettement au-dessus de -28 inHG

Fermer la vanne et observer l'aiguille du manomètre. Si elle ne remonte pas de façon significative, le système est étanche mais la pompe est faible et devra être reconditionnée.

Remarque : le test de fuite doit être réalisé dans les deux positions de la vanne. Il est conseillé de ne pas faire basculer la vanne sous vide pendant le test de fuite.

Si l'indication de vide remonte, procéder à une détection de fuite, puis recommencer le test.

JOINT DE LA TRAPPE D'ACCES AU FILTRE 4 °C

Symptômes : Condensation sur le filtre 4°C. Le joint peut être fendu, et cela ne se voit qu'en le démontant.

Remèdes : Changement du joint.

FICHE 2.2 : ETANCHEITE (MO AIRPARIF)

Pour s'assurer de l'absence de fuite, il faut réaliser un test de fuite sur la voie REF et sur la voie Base afin de valider l'étanchéité du circuit dans les deux positions de la vanne à translation du module FDMS.

Description du test de fuite :

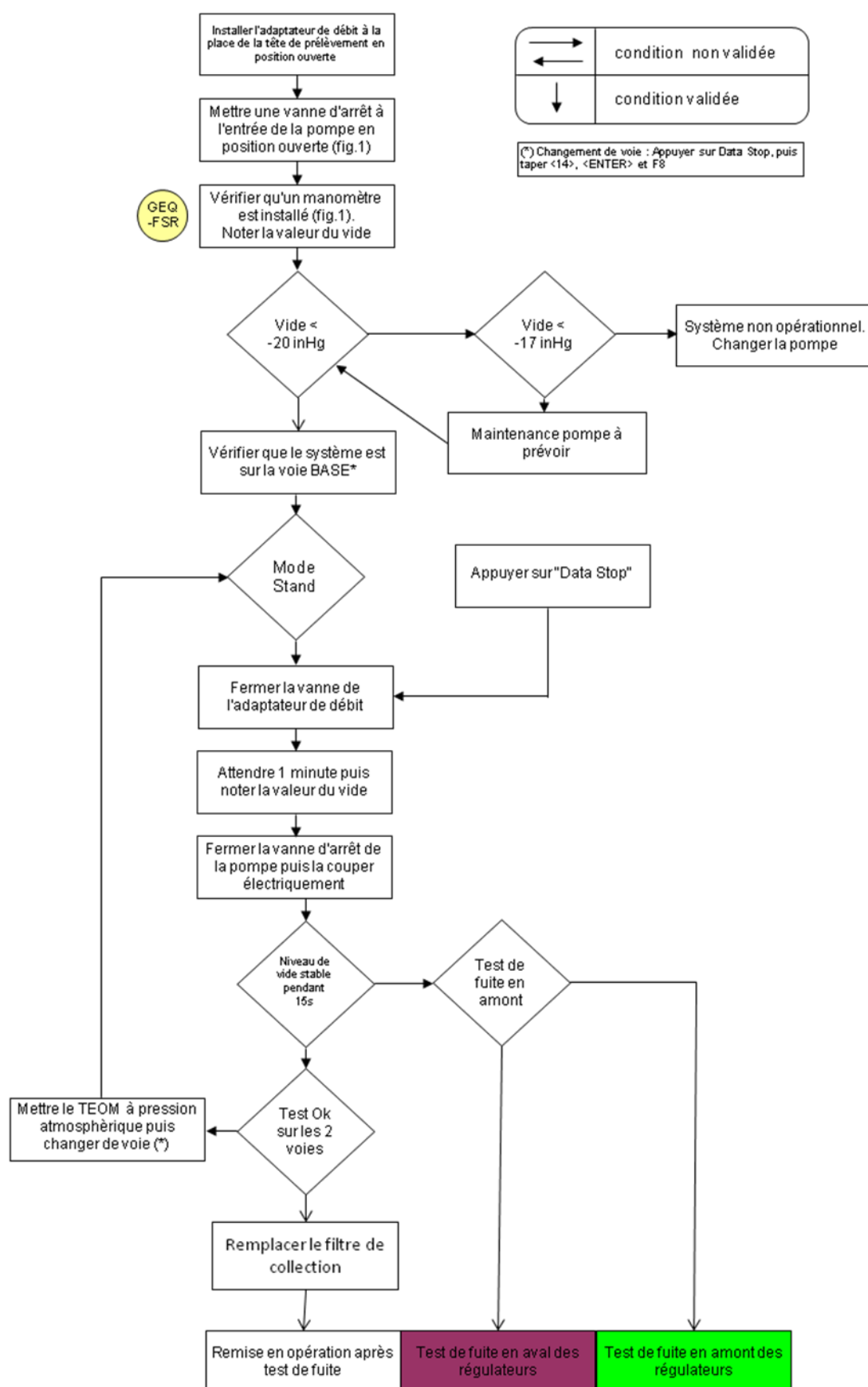
- Mettre l'analyseur en mode stop et choisir une voie (taper 14 ENTER puis F8 pour sélectionner la voie)
- Fermer le bouchon d'étanchéité et attendre que les débits soient stables à l'affichage.
- Si les débits à l'affichage sont dans les seuils, fermer la vanne d'arrêt qui se trouve après la pompe
- Le circuit fluide se trouvant alors en dépression, sa lecture sur le manomètre ne doit pas varier de plus de 1 InHg (soit environ 34 Hpa) en 30 secondes.
- Si le test est concluant, il faut ouvrir très lentement le bouchon d'étanchéité, changer de voie en appuyant sur F8 et refaire le test d'étanchéité.

Lors de la remise en place du filtre, vérifier que le joint d'étanchéité soit bien positionné à plat.

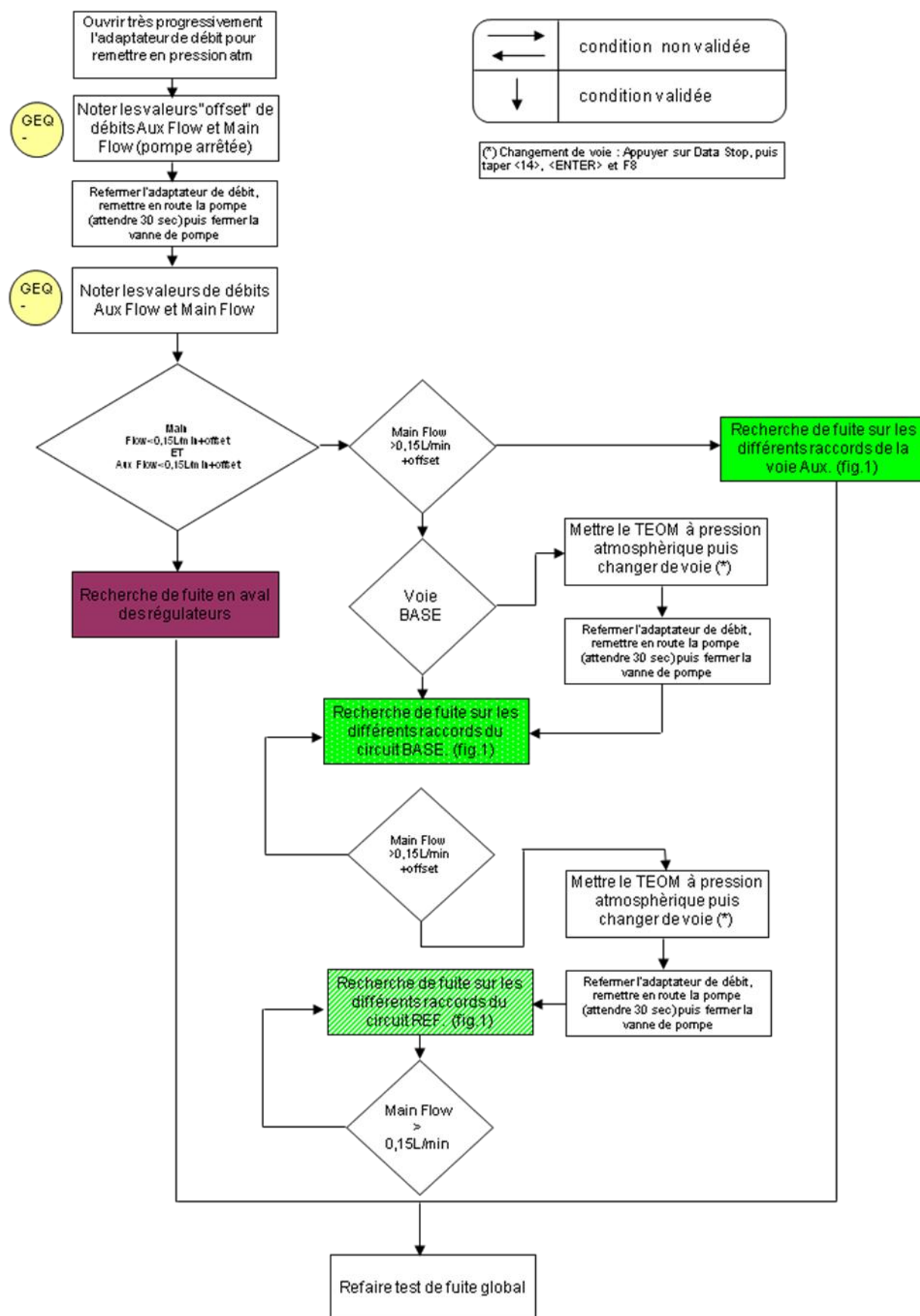
Revisser le porte-filtre assez fort pour éviter les fuites.

Vérifier la présence de tous les joints (notamment joint entre tube chauffé et μ balance)

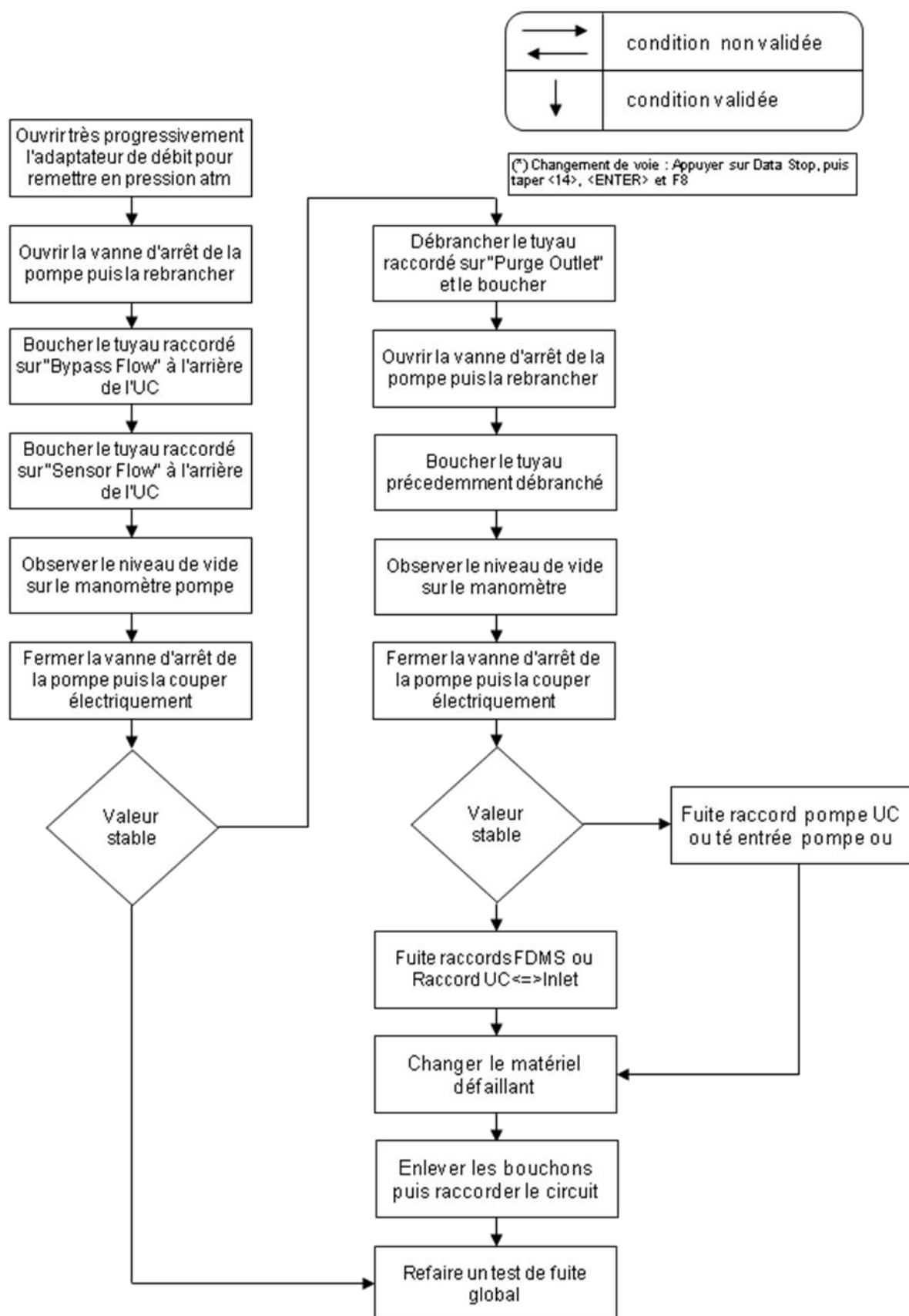
FICHE 2.3 : TEST DE FUITE (LOGIGRAMMES AIRBREIZH)



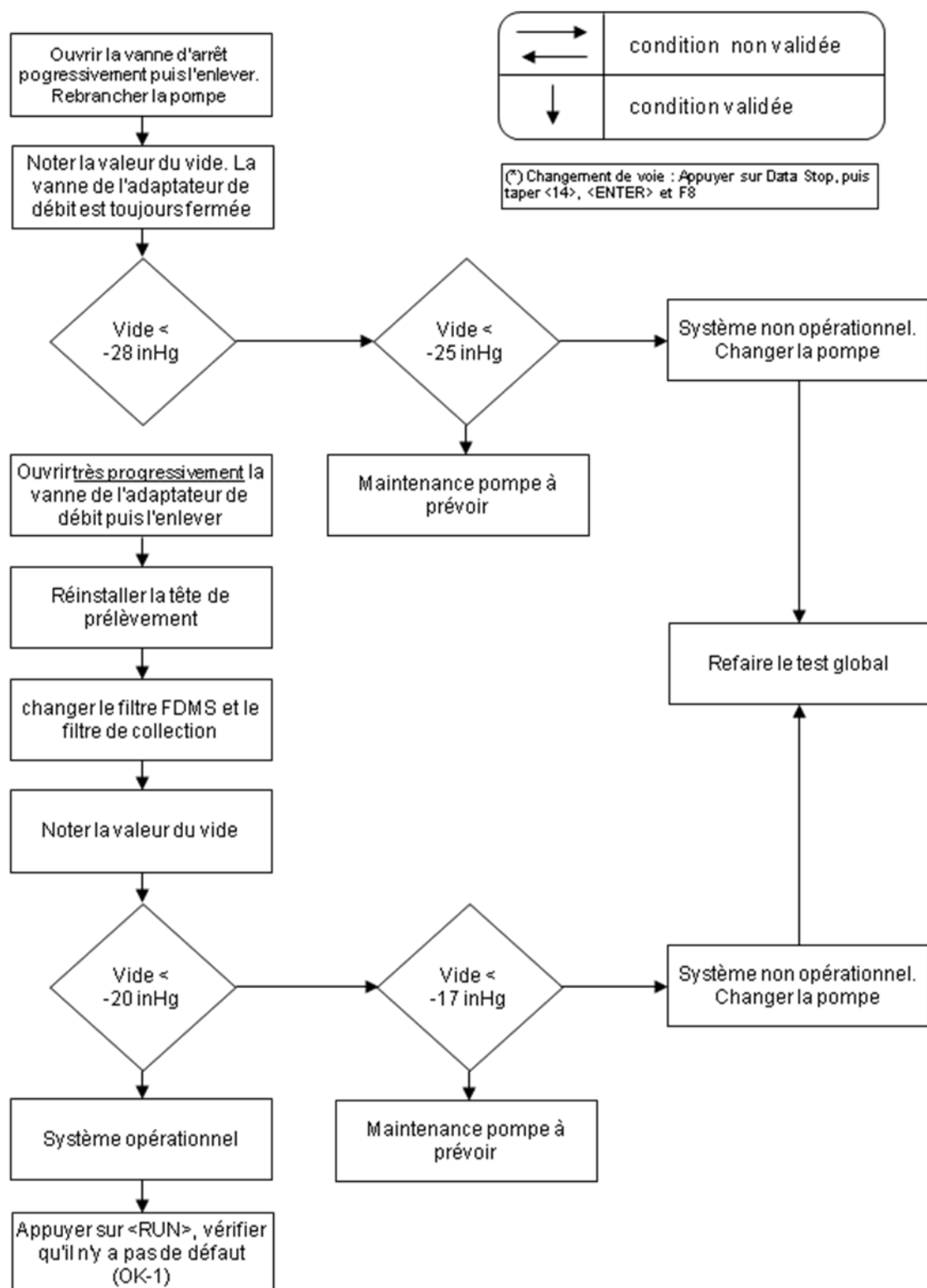
Test de fuite en amont des régulateurs de débit



Test de fuite en aval des régulateurs de débit



Remise en operation apres test de fuite



FICHE 2.4 : FUITE AU NIVEAU DE LA VANNE

Symptôme : La mesure est négative et le test de fuite (sur les 2 cycles) est à première vue satisfaisant. (par exemple, une base à $2\mu\text{g}/\text{m}^3$, une référence à $12\mu\text{g}/\text{m}^3$, d'où une mesure à $-10\mu\text{g}/\text{m}^3$)

La mesure du débit met en évidence la fuite

- débit durant le cycle de base : 3.2 l/min
- débit durant le cycle de référence : variations de 0.9 à 1.5 l/min

La fuite peut également être détectée par la différence de température du point de rosée selon le cycle (base ou ref)

Remède : Les 4 vis de serrage de la vanne ne sont parfois pas suffisamment serrées, mais, lors des tests de fuites, la dépression créée entraîne un « plaquage » des deux parties et ainsi ne permettent pas de détecter de fuite.

⇒ Serrer les 4 vis.

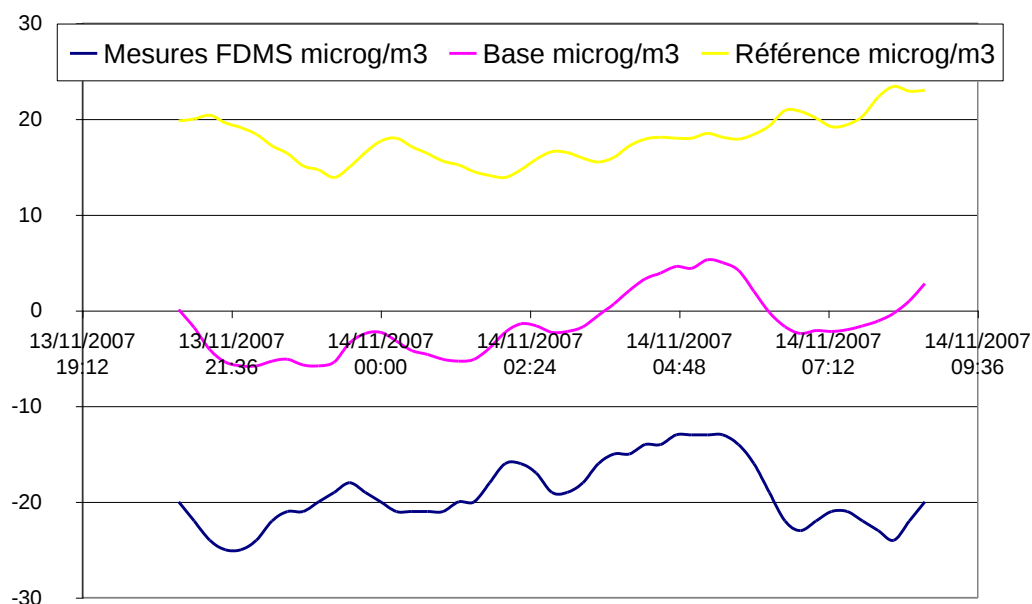


Figure 2 : Exemple de défaillance de la mesure suite à une fuite au niveau de la vanne (Données Atmo Poitou-Charente)

FICHE 3 : DEFAILLANCE DU SECHAGE

Le sécheur, dans son fonctionnement normal, doit permettre d'atteindre des points de rosée échantillon au moins systématiquement négatifs.

Symptômes :

- Valeurs maximales de M_{ref} ne s'approchant plus de zéro et dérivant,
- Valeurs moyennes de M_{ref} montrant une dérive dans le temps (non liées à un épisode de poussières ayant une fraction volatile importante),
- Point de rosée échantillon trop élevé (doit être au moins $< 0^{\circ}\text{C}$),
- Différence entre point de rosée échantillon et ambiant trop faible (voir Figure 3) pour quelque exemples de comportement.

Critère d'efficacité du sécheur :

Une recommandation pourrait être que le point de rosée échantillon T_{DP} soit inférieur à une température critique de l'ordre de 0°C . Une température de -2 ou -4°C est préférable pour déclencher des actions de prévention.

Remèdes :

Le manque d'efficacité du sécheur peut provenir :

- d'une dépression trop faible dans le circuit (défaillance de la pompe, voir fiche 1, ou problème de fuite, voir fiches 2.1, 2.2, 2.3),
- d'une perte d'efficacité de la membrane Nafion (régénération ou changement du sécheur, voir avec le constructeur).

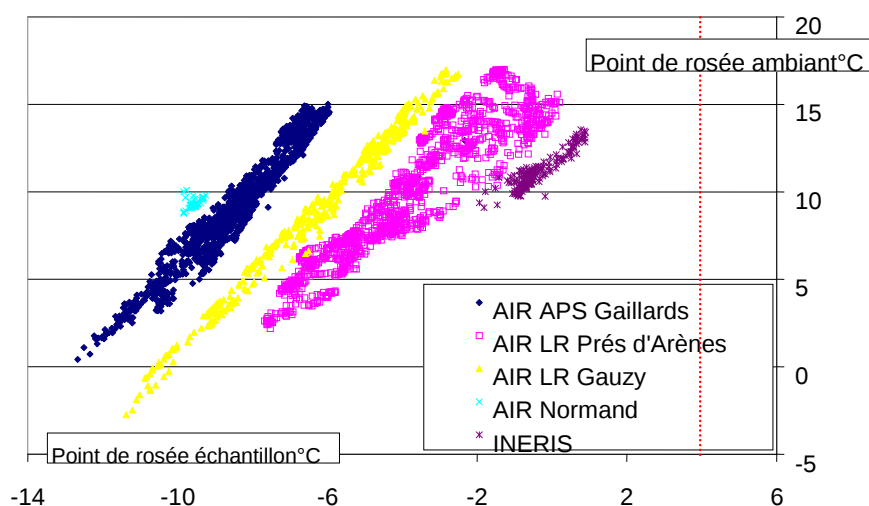


Figure 3 : Exemples de relation sur plusieurs FDMS entre les points de rosée en entrée et sortie de membrane.

FICHE 4 : DEFAILLANCE DE LA MICROBALANCE

Le basculement de la vanne entre le flux « Ref » et le flux « Base » provoque un bref régime transitoire induisant des perturbations sur la mesure de la fréquence de la microbalance. La mesure de l'évolution de la masse accumulée sur la microbalance nécessite que la durée de ce régime transitoire soit faible devant le temps de mesure d'accumulation ou de volatilisation de matière sur la microbalance.

Une conséquence est qu'une microbalance donnant des résultats acceptables en mode TEOM 50°C ne sera pas forcément suffisamment stable pour fonctionner en mode TEOM-FDMS.

Les deux graphiques de la Figure 4 illustrent les deux cas.

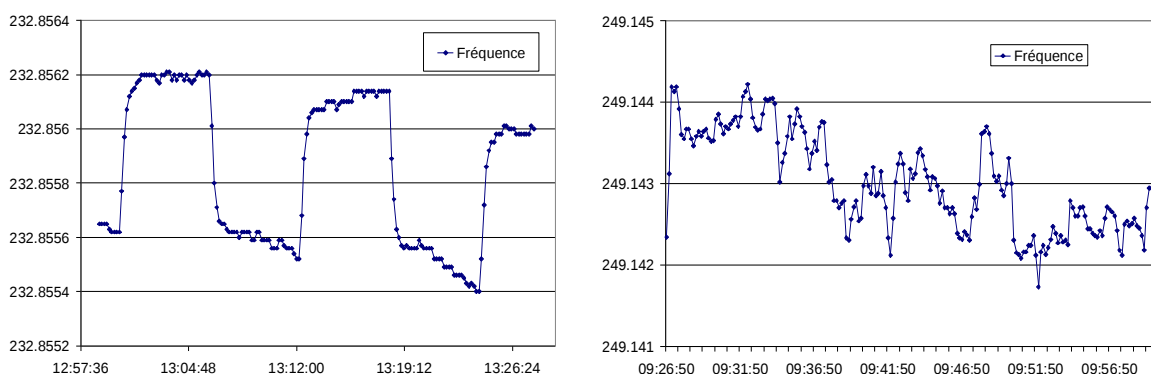


Figure 4: exemple de fréquence satisfaisante (à gauche) et montrant une défaillance (à droite)

Symptômes 1: Valeur de référence aléatoire ou écart TEOM 50°C – TEOM-FDMS très faible à négatif ou instable. On observe une fréquence aléatoire, et/ou un bruit trop élevé. Ce problème a principalement été observé lors de l'installation d'un FDMS sur une microbalance déjà "âgée".

Remède 1: Changer la microbalance.

Symptômes 2: mesures « hachées » (en attente de graph pour exemple d'Alexandre Laurent - AIRAQ)

Remède 2: protéger le module TEOM contre les vibrations provenant principalement de la pompe, la propagation à travers les tuyaux (dans ce cas, fixer les tuyaux), ou la tête PM10 à travers le raccord rigide (dans ce cas, mettre en place un raccord souple). Eviter de se mettre au centre de la cabine, en particulier dans les cas de cabine ayant un plancher et/ou un plafond propice à la propagation de vibrations.

Symptôme 3 : Bruit important

Remède 3 : Vérifier le bon positionnement du capteur de fréquence qui peut parfois se décoller

FICHE 5 : PERMUTATION DE LA VANNE

La vanne du TEOM-FDMS ne permute plus, et la mesure se fait en continu sur le mode « Base » ou « Ref ». (Voir Figure 5 ci-dessous)

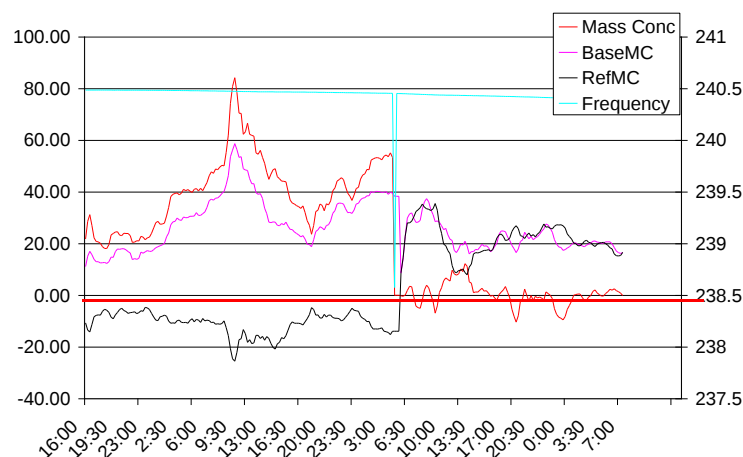


Figure 5 : Exemple de dysfonctionnement de la vanne

Symptômes : Sur la Figure 5 un incident se produit vers 6h du matin. Mesure de PM proche de zéro, la base et la ref sont très corrélées (et donc leur différence proche de zéro), la vanne est facilement mise en cause. Plusieurs solutions, du simple fusible (lequel...) au composant abîmé sur une carte électronique du TEOM-FDMS (le cas ici), au problème de logiciel à réinstaller.

Remèdes : La première chose est de redémarrer l'outil : une petite coupure électrique peut-être à l'origine du pb. Ensuite, on peut tester le fait que la vanne peut permuer mécaniquement (en data stop, mode 14, on peut forcer le basculement de la vanne en appuyant sur F8). La permutation peut être contrôlée visuellement. Si la vanne ne permute pas, le fusible est peut-être défectueux. Sinon, à voir avec le constructeur.

FICHE 6 : DEFAILLANCE DU PELTIER

La sonde de température peut se détacher, généralement suite à un transport.

Symptôme 1 : La mesure de la température est aberrante ou incohérente

Remède 2 : La présence d'humidité sur la sonde de température peut être la cause de ce dysfonctionnement. Il est donc recommandé de :

1. Retirer la sonde et la sécher
2. La repositionner et étanchéifier

Symptôme 2 : Absence de régulation de la température du Peltier. Il régule par conséquent au minimum, c'est à dire à -20°C . Du givre se forme lors du changement du filtre de purge.

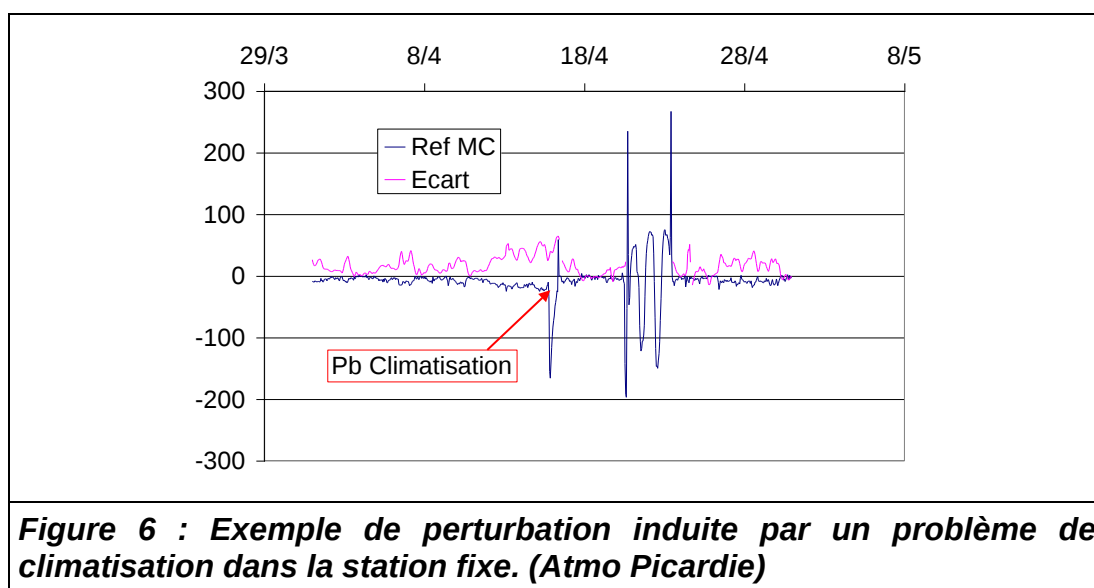
Remède 2: A voir avec le constructeur

FICHE 7 : DEFAILLANCE DE LA CLIMATISATION DE LA STATION

Symptôme : Comme illustré sur la Figure 6, la mesure de masse devient incohérente, la mesure de référence "décroche". On observe de la condensation sur le filtre de purge. Par expérience, il est difficile de faire fonctionner un TEOM-FDMS à une température trop élevée.

Ceci est possiblement lié à un sous-dimensionnement du Peltier pour des températures élevées : il aurait beaucoup de difficulté à réguler la température au dessus d'un certain seuil (28°C ?). De la condensation peut alors apparaître, et :

- l'air arrivant sur la microbalance peut être trop humide (problème classique du TEOM 50°C, ceci engendre des variations de masses dues à l'accumulation d'eau, puis à son évaporation);
- l'air du flux de purge n'est plus assez sec et le gradient d'humidité est inexistant ou trop faible dans le sécheur entre les deux flux. La régulation de l'humidité, basée sur un transfert d'eau entre le flux échantillonné et le flux de purge moins humide, n'est alors plus possible.



Température critique de la station : Il est recommandé de maintenir la température à 22°C maximum, et de ne pas dépasser 25°C.

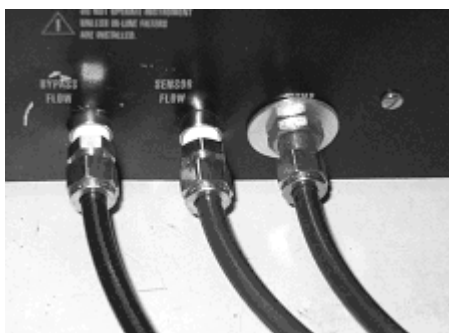
FICHE 8 : CONNEXION UTILISEES PAR AIRPARIF

Raccord laiton :

Nous les installons lorsque le raccord rapide d'origine n'est plus étanche. Ces raccords peuvent aussi à long terme engendrer des fuites à cause de la déformation de la bague et du tube, Il faut alors changer la bague et couper un bout du tube.

Installation au niveau de l'UC, balance, entrées sortie du module FDMS

Photo :



Il est à noter que le raccord d'origine peut fonctionner correctement dès lors qu'à chaque démontage on coupe la partie du tube qui a déjà été mise en place dans le raccord. Un coupe-tube permet une coupe nette sans bavure :

Raccords CPC :

Changement systématique sur les portes filtres haute capacité.

Photo :



FICHE 9 : CHANGEMENT DU FILTRE DE PURGE

Proposition de mode opératoire

Afin de limiter le risque d'entrée de l'humidité à l'intérieur du circuit d'air du TEOM-FDMS et de réduire les temps de redémarrage consécutifs aux changements de filtre de purge du TEOM-FDMS, il est recommandé de :

- Préparer à l'avance un filtre de purge neuf inséré dans le porte-filtre. Le protéger correctement s'il n'est pas préparé sur site,
- Forcer le TEOM-FDMS en mode "Base" afin de réduire la quantité d'air humide et chaud pouvant pénétrer dans le circuit,
- Ouvrir la trappe du filtre de purge, enlever l'ancien filtre (avec son porte filtre), mettre le nouveau et refermer la trappe dans un délai le plus court possible.

L'ensemble des opérations pourra être réalisé avec les gants non poudrés.

3. CONTROLE QUALITE A RECEPTION ET EN ROUTINE

Afin d'assurer la qualité des données produites par le TEOM-FDMS, il est essentiel de mettre en place un suivi du fonctionnement des appareils basé sur la vérification à réception puis périodique de critères de fonctionnement. Les points essentiels apparaissant sont :

- le contrôle de l'efficacité du sécheur, identifié comme un point névralgique du système. L'obtention d'une dépression suffisante sur le flux principal du TEOM-FDMS et le contrôle en routine de l'efficacité de séchage (caractérisée par le point de rosée échantillon) sont les points cruciaux. Des essais complémentaires en laboratoires sur ce sujet sont aussi proposés dans le cadre des travaux du LCSQA pour l'année 2009. Les résultats obtenus serviront à alimenter ce document.
- le développement de l'expertise sur les variations des mesures "Base" et "Ref". Leur rapatriement, et leur examens (en parallèle du suivi du point de rosée échantillon) sont des éléments précieux tant pour l'étape de validation des données (et donc la détection d'éventuels dysfonctionnements du TEOM-FDMS) que pour définir des critères pour des actions de prévention.

L'ensemble des opérations QC/QA pouvant être mises en œuvre est présenté sous forme de tableau au même format que ceux présentés dans les normes en vigueur pour la mesure des gaz "classiques" (tableau 6 de la norme EN14211 pour les NOx, par exemple). L'objectif est de créer un outil directement compatible et intégrable dans les projets de normes en cours d'élaboration au niveau du CEN.

Nous recommandons de mettre en place le suivi de l'ensemble des paramètres du tableau 2 : suivant. En particulier, nous recommandons très fortement de mettre en place le suivi des paramètres marqués en rouge et en gras dans ce tableau.

tableau 2 : **Opérations QC/QA pouvant être mises en œuvre – Les actions signalées en rouge et en gras sont fortement recommandées**

Paramètre	Réf	Fréquence	Vérification
Fonctionnement FDMS			
Mconc¹		Tous les jours	• Expertise • Cohérence par rapport aux autres sites
Mbase¹		Tous les jours	• Expertise • Cohérence par rapport aux autres sites • Cohérence sur le même site / Mconc et Mref
Mref¹		Tous les jours	• Expertise • Cohérence par rapport aux autres sites • Cohérence sur le même site par rapport à Mconc et Mref
Mref²		Toutes les deux semaines	• Cohérence de son évolution dans le temps (expertise propre par rapport aux autres paramètres locaux) • Vérification à long terme que les valeurs min de Mref sont proches zéro (dérive apparente des valeurs minimales et moyennes)
Ecart mesuré sur le site de référence		Tous les jours	• Cohérence / autre sites (direct ou via Baster) et expertise • Cohérence de son évolution dans le temps (expertise propre par rapport aux autres paramètres locaux)
Température du point de rosée échantillon¹		Tous les jours	A minima < 0°C (Mais des températures plus basses peuvent être définies en fonction du site)
Température du point de rosée ambiant²		Au minimum une fois par mois / Routine sur site	Vérification dérive long terme de la différence entre les températures de point de rosée ambiant et échantillon
Charge du filtre de la microbalance		Au minimum une fois par mois / Routine sur site	Remplacement si > 90% (peut être suivi en continu avec valeur pour déclencher le changement)
Case Temp		Au minimum une fois par mois / Routine sur site	Révision si en dehors de 30,0 ± 0,1°C
Air Temp		Au minimum une fois par mois / Routine sur site	Révision si en dehors de 30,0 ± 0,1°C
Cap Temp		Au minimum une fois par mois / Routine sur site	Révision si en dehors de 30,0 ± 0,1°C
Flux principal "Main-Flow " : vérification visuelle sur site (optionel)		Au minimum une fois par mois / Routine sur site	Oscillation inférieure à 0,03 l/mn pendant 1 minute
Flux auxiliaire "Aux-Flow" vérification visuelle sur site (optionel)		Au minimum une fois par mois / Routine sur site	Oscillation inférieure à 0,03 l/mn pendant 1 minute
Flux principal "Main-Flow "		6 mois	Réglage ou révision si en dehors de 3,00 ± 0,05l/min
Flux auxiliaire		6 mois	Réglage ou révision si en dehors 13,67 ±

Paramètre	Réf	Fréquence	Vérification
"Aux-Flow" Ou Flux total (en tête)			0,30l/min Réglage ou révision si en dehors 16,67 ± 0,30l/min
Bruit microbalance		Au minimum une fois par mois / Routine sur site	Révision si > 0,01 Hz
Fréquence microbalance		Au minimum une fois par mois / Routine sur site	Révision si F (Hz) <150 ou > 398
Dépression (dP) ² mesurée au plus près de la sortie outlet	Fiche 1	Au minimum une fois par mois / Routine sur site Conseillé : capteur pour suivi continu	- Remplacement/révision de la pompe, ou recherche de fuite si dP > -20 inHg (valeur de -22 inHg conseillée) - Vérification à long terme de dérives simultanées de dP, de la différence entre les températures de point de rosée ambiant et échantillon, et des valeurs minimales et moyennes de Mref
Remplacement du filtre de purge	Fiche 9	En même temps que filtres microbalance	
Remplacement filtre ligne auxiliaire		suivant site	
Remplacement filtre ligne principal		suivant site	
Vérification étanchéité			
Vérification de la dépression vanne fermée	Fiche 2.1	A l'installation, puis au minimum une fois tous les 6 mois ou à chaque ou réparation ou entretien touchant les connexions (changement de filtres haute capacité...)	< -26 inHg
Vérification tenue de la dépression (voir procédure) / en position base et ref	Fiche 2.2	A l'installation, puis au minimum une fois tous les 6 mois ou à chaque ou réparation ou entretien touchant les connexions (changement de filtres haute capacité...)	Variations de moins de 1 inHg sur 1 mn
Offset : Valeurs 2 débits (l/mn) sans pompe		A l'installation, puis au minimum une fois tous les 6 mois ou à chaque ou réparation ou entretien touchant les connexions (changement de filtres haute capacité...)	(Tolérance à définir)
Prise des débits circuit fermée/ en position base et ref		A l'installation, puis au minimum une fois tous les 6 mois ou à chaque ou réparation ou entretien touchant les connexions (changement	Tolérance : (Valeur lue – Offset) < 0,15 (l/mn sur Main-Flow et 0,15 l/mn sur Aux-Flow

Paramètre	Réf	Fréquence	Vérification
		de filtres haute capacité...)	
Test de stabilité de la fréquence	Fiche 4	A réception / ou réparation de la microbalance	
Mise parallèle des plusieurs TEOM-FDMS		A réception - optionnel	A définir
Changement des connexions	Fiche 8	A réception - optionnel	
Vérification de la microbalance			
Constante K0		A l'installation, puis au minimum une fois par an et après réparation microbalance	Tolérance : $ K0_{\text{étalon}} - K0 < 2,5\%$
Vérification sonde de température et pression			
Vérification température avec thermomètre étalon		A l'installation, puis au minimum une fois par an	Réglage si $ T_{\text{étalon}} - T_{\text{sonde}} > 2.5^{\circ}\text{C}$ Révision si $ T_{\text{étalon}} - T_{\text{sonde}} > 5^{\circ}\text{C}$
Vérification pression avec baromètre étalon (hPa)		A l'installation, puis au minimum une fois par an	Réglage si $ P_{\text{étalon}} - P_{\text{sonde}} > 10 \text{ hPa}$ Révision si $ P_{\text{étalon}} - P_{\text{sonde}} > 20 \text{ hPa}$
Vérification point de rosée ambiant et échantillon		A l'installation, puis au minimum une fois par an	$ T_{\text{étalon}} - T_{\text{sonde}} > 2^{\circ}\text{C}$
Vérification débits pour régulateur de débit			
Débit "Main-Flow"		A l'installation, puis au minimum une fois par an	Réglage si $ D_{\text{étalon}} - D > 2,5\% D_{\text{initial}}$ Révision si $ D_{\text{étalon}} - D > 5\% D_{\text{initial}}$
Débit "Aux-Flow"		A l'installation, puis au minimum une fois par an	Réglage si $ D_{\text{étalon}} - D > 5\% \text{ de } D_{\text{initial}}$ Révision si $ D_{\text{étalon}} - D > 10\% \text{ de } D_{\text{initial}}$
Carte analogique		A l'installation, puis au minimum une fois par an	Réglage selon manuel
1 : Nécessite de mettre en place l'acquisition continue de ces paramètres et leur exploitation directe lors de la validation des données sous XR ou POLAIR. 2 : Le suivi proposé implique la création, pour chaque TEOM-FDMS utilisé sur site, d'une carte de contrôle permettant de visualiser l'évolution dans le temps des valeurs minimales et moyennes de Mref, des températures de point de rosée échantillon, ambiant et de leur différence, et de la dépression. Les valeurs minimales et moyennes pourraient être prises par période de deux semaines dans un premier temps.			