



Guide méthodologique pour la mesure de la composition chimique des particules submicroniques non réfractaires (NR-PM<sub>1</sub>) par Aerosol Chemical Speciation Monitor (ACSM)



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

## GUIDE METHODOLOGIQUE POUR LA MESURE DE LA COMPOSITION CHIMIQUE DES PARTICULES SUBMICRONIQUES NON REFRACTAIRES (NR-PM<sub>1</sub>) PAR AEROSOL CHEMICAL SPECIATION MONITOR (ACSM)

---

Tanguy AMODEO (INERIS)

Février 2018

|         | Rédaction                                                                           | Vérification                                                                         | Approbation                                                                           |
|---------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| NOM     | Tanguy AMODEO                                                                       | Olivier FAVEZ                                                                        | Marc DURIF                                                                            |
| Qualité | Ingénieur de l'Unité CIME<br><br>Direction des Risques<br>Chroniques (DRC)          | Ingénieur de l'Unité CIME<br><br>Direction des Risques<br>Chroniques (DRC)           | Responsable du Pôle CARA<br><br>Direction des Risques<br>Chroniques (DRC)             |
| Visa    |  |  |  |



## LE LABORATOIRE CENTRAL DE SURVEILLANCE DE LA QUALITE DE L'AIR

---

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

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

## TABLE DES MATIERES

---

|                                                                                                                |           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>RESUME .....</b>                                                                                            | <b>7</b>  |
| <b>1. RESSOURCES DOCUMENTAIRE ET INFORMATIQUE .....</b>                                                        | <b>8</b>  |
| <b>2. INSTALLATION DE L'ACSM SUR SITE POUR LES OBSERVATIONS DE LONG TERME .....</b>                            | <b>8</b>  |
| 2.1 Préconisations relatives à la ligne d'échantillonnage .....                                                | 8         |
| 2.1.1 Diamètre de coupure de la ligne d'échantillonnage .....                                                  | 8         |
| 2.1.2 Matériaux de la ligne de prélèvement .....                                                               | 9         |
| 2.1.3 Débit dans la ligne d'échantillonnage .....                                                              | 9         |
| 2.1.4 Séchage de l'air prélevé .....                                                                           | 10        |
| 2.1.5 Dimensionnement des pertes de la ligne d'échantillonnage.....                                            | 10        |
| 2.2 Autres préconisations .....                                                                                | 10        |
| <b>3. ENTRETIENS, CONTROLES ET MAINTENANCES .....</b>                                                          | <b>11</b> |
| 3.1 Synthèse des contrôles et maintenances assurant le bon fonctionnement de l'instrument.....                 | 11        |
| 3.2 Listes des principaux paramètres techniques d'intérêt.....                                                 | 14        |
| 3.2.1 Pression d'entrée .....                                                                                  | 14        |
| 3.2.2 Température du vaporiseur .....                                                                          | 14        |
| 3.2.3 Airbeam (signal N <sub>2</sub> <sup>+</sup> ) .....                                                      | 14        |
| 3.2.4 Tension du détecteur (SEM Voltage) .....                                                                 | 15        |
| 3.2.5 Heater Bias Voltage .....                                                                                | 15        |
| 3.2.6 Emission du filament .....                                                                               | 16        |
| 3.2.7 Fonctionnement des pompes.....                                                                           | 16        |
| 3.2.8 Sécheur.....                                                                                             | 16        |
| <b>4. CONTROLE QA/QC, VALIDATION DES DONNEES .....</b>                                                         | <b>17</b> |
| 4.1 Tableau de synthèse des contrôles assurant la qualité des données.....                                     | 17        |
| 4.2 Schéma de validation des données.....                                                                      | 20        |
| 4.3 1 <sup>ère</sup> étape : vérification des paramètres techniques de l'ACSM (hardware) .....                 | 20        |
| 4.4 2 <sup>ème</sup> étape : vérification de la configuration du logiciel de l'ACSM (software).....            | 21        |
| 4.5 3 <sup>ème</sup> étape : vérification de la cohérence des mesures .....                                    | 25        |
| 4.5.1 Vérification de la répartition relative des espèces chimiques : balance ionique (validité des RIE) ..... | 25        |
| 4.5.2 Comparaison aux mesures PM <sub>1</sub> ou PM <sub>2,5</sub> .....                                       | 26        |

|           |                                                                                |           |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 4.5.2.1   | Prise en compte des concentrations corrigées par le CE de Middlebrook (CE_dry) | 27        |
| 4.5.2.2   | Vérification de la corrélation entre mesures ACSM et mesures PM .....          | 27        |
| 4.5.2.3   | Evaluation de la justesse des concentrations mesurées par ACSM .....           | 30        |
| <b>5.</b> | <b>EXPORTATION DES DONNEES SUR LES POSTES CENTRAUX .....</b>                   | <b>33</b> |
| 5.1       | Rappel .....                                                                   | 33        |
| 5.2       | Codes constituants.....                                                        | 33        |
| 5.3       | Codes Méthodes .....                                                           | 35        |
| <b>6.</b> | <b>LISTE DES ANNEXES .....</b>                                                 | <b>37</b> |

## RESUME

---

Ce document constitue la première version du guide méthodologique pour la mesure de la composition chimique des particules submicroniques non-réfractaires (NR-PM<sub>1</sub>) par ACSM (Aerosol Chemical Speciation Monitoring).

Il concerne l'utilisation des ACSM de type quadripôle (Q-ACSM), fabriqués par la société « Aerodyne R.I. ».

Ce guide ne constitue pas un mode opératoire ou un manuel d'utilisation. Le lecteur est invité à se reporter au manuel fourni par le distributeur pour les informations relatives au fonctionnement de l'instrument lui-même. Ce document s'attache à recenser les bonnes pratiques, les fréquences de maintenance ainsi que les étapes de validation des données à respecter.

Il a été rédigé sur la base des documents des constructeurs, des échanges avec le distributeur, de l'état de l'art scientifique et des bonnes pratiques mutualisées dans le cadre du réseau européen ACTRIS, ainsi que des retours d'expériences des utilisateurs des AASQA émis notamment lors des réunions du « Groupe Utilisateur ACSM ».

Ce guide pour l'utilisation des ACSM pourra être remis à jour en fonction des retours d'expériences des utilisateurs, des préconisations constructeur ou des avancées de l'état de l'art scientifique international.

## 1. RESSOURCES DOCUMENTAIRE ET INFORMATIQUE

---

### Documents LCSQA :

Les comptes-rendus des réunions du « Groupe utilisateur ACSM » des 03/12/2015 et 03/09/2015 présentent nombre de recommandations d'utilisation reportées dans le présent document. Ces comptes-rendus ainsi que les différents documents présentés en réunion sont disponibles sur le site internet du LCSQA ([www.lcsqa.org](http://www.lcsqa.org)).

### Document ADDAIR :

Un mode opératoire a été rédigé en français par le distributeur Français (ADDAIR).

### Site internet du constructeur Aerodyne :

<https://sites.google.com/site/ariacsm/home>

Les manuels d'utilisation d'Igor et du logiciel d'acquisition DAQ en anglais sont téléchargeables sur ce site. Il est également possible d'y télécharger les logiciels utiles au bon fonctionnement de l'appareil (fonction Igor, logiciel des pompes, logiciel du sécheur).

### Logiciels :

- DAQ : Logiciel de pilotage de l'ACSM
- Igor (Wavemetrics) : Logiciel scientifique pour le traitement des données et l'interface avec les instruments
- Fonction Igor « ACSM\_Local » : Module de traitement des données brutes de l'ACSM.
- VS\_PumpStats\_Pfeiffer : Logiciel de pilotage des pompes.

### Site internet de l'université du Colorado

[http://cires.colorado.edu/jimenez-group/wiki/index.php?title=ToF-AMS\\_Main](http://cires.colorado.edu/jimenez-group/wiki/index.php?title=ToF-AMS_Main)

Ce site consigne des informations utiles pour l'exploitation des instruments de type « Aerosol Mass Spectrometer », dont l'ACSM, notamment concernant l'efficacité de collection et la ligne d'échantillonnage.

## 2. INSTALLATION DE L'ACSM SUR SITE POUR LES OBSERVATIONS DE LONG TERME

---

### 2.1 Préconisations relatives à la ligne d'échantillonnage

#### 2.1.1 Diamètre de coupure de la ligne d'échantillonnage

Le LCSQA recommande l'utilisation d'une tête de prélèvement **PM<sub>2.5</sub>** en amont de la ligne de prélèvement de l'ACSM. Un tel diamètre de coupure permet de limiter l'obstruction de l'orifice critique placé à l'entrée de l'ACSM en empêchant la transmission des grosses particules. La tête de prélèvement recommandée est **un cyclone PM<sub>2.5</sub>** compatible avec le débit d'échantillonnage de l'ACSM de 3 L/min.

L'utilisation d'une tête de prélèvement  $PM_1$  doit être évitée car dans ce cas la coupure est appliquée deux fois : à l'entrée de la ligne mais aussi au niveau de la lentille aérodynamique placée à l'entrée de l'ACSM.

### 2.1.2 Matériaux de la ligne de prélèvement

Le LCSQA recommande l'utilisation d'une ligne d'échantillonnage constitué d'un matériau conducteur (Inox, Cuivre), afin de réduire les pertes de particules. L'utilisation d'une ligne en acier inoxydable est idéale pour les observations de longue durée. L'utilisation sur le long terme (i.e., plusieurs années) d'une ligne en cuivre recuit doit faire l'objet d'une vigilance quant à son état oxydation.

Les tubes souples noirs, avec un revêtement conducteur carboné sur sa face intérieure, ne doivent pas être utilisés puisqu'ils peuvent contaminer la mesure, notamment au niveau du fragment  $m/z$  73, qui est un marqueur des particules issues de la combustion de biomasse.

### 2.1.3 Débit dans la ligne d'échantillonnage

L'ACSM possède un débit de prélèvement interne autour de 0,08 L/min. Ce dernier est fixé par un orifice critique placé à l'entrée de la chambre à vide.

Ce débit est trop faible pour assurer un bon prélèvement de l'air ambiant à travers une ligne d'échantillonnage de quelques mètres de long. Par conséquent, le débit primaire de la ligne d'échantillonnage de l'ACSM doit être plus élevé, afin de permettre l'utilisation d'un dispositif de coupure  $PM_{2.5}$  en tête de ligne, mais aussi de réduire le temps de résidence dans la ligne et, par conséquent, les pertes de particules par diffusion. Ainsi, une pompe d'échantillonnage externe doit être utilisée pour réguler le flux dans la ligne de prélèvement.

Le débit dans la ligne peut généralement être fixé entre 1 et 10 L/min **tant que le diamètre de coupure  $PM_{2.5}$  est respecté** à l'entrée de la ligne et que **l'humidité relative (Hr) est inférieure à 40% à la sortie du sécheur**. Le débit et le diamètre de la ligne doivent également être ajustés de telle sorte que le flux reste laminaire dans la ligne (nombre de Reynold  $Re < 2000$ ), ce qui limite les pertes par diffusion. A titre d'exemple, des débits respectifs de 1 et 10 L/min passant dans une ligne de diamètre 3/8" induit un nombre de Reynold  $Re$  respectivement égal à 922 et 92, soit dans les deux cas un flux laminaire.

Le LCSQA recommande d'assurer la stabilité de ce débit de prélèvement ou, à défaut, d'enregistrer ses valeurs en continu. Un certain nombre de problèmes liés à la variation du débit de prélèvement peut être réduit par l'utilisation de la pompe de prélèvement proposée par le constructeur. Celle-ci contrôle, dans le même temps, le débit d'échantillonnage à 3L/min ainsi que le débit de contre flux dans le sécheur.

Il convient de s'assurer de l'absence de fuite sur la ligne d'échantillonnage. Ceci peut se faire en plaçant un filtre total à l'entrée de la ligne et en effectuant une mesure de blanc d'instrument, ou bien en vérifiant la correspondance entre le débit en entrée et en sortie de ligne.

#### 2.1.4 Séchage de l'air prélevé

Le LCSQA recommande de placer un sécheur dans la ligne de prélèvement de l'ACSM afin de garder une valeur **d'humidité relative (Hr) inférieure à 40%**. En effet, l'efficacité de collection des particules par l'ACSM (CE) est très affectée par le contenu en eau des particules échantillonnées dans des proportions difficiles à prédire. Cependant, le calcul des valeurs de CE est rendu possible pour un aérosol sec (cf. section 4.5.2.1 & Annexe 1).

Le LCSQA recommande de privilégier les sécheurs à membrane Nafion® aux sécheurs à billes de silice, car ils requièrent moins de maintenance. Le sécheur doit avoir un corps métallique pour réduire les pertes des particules chargées. Des recommandations sur le séchage des particules sont reportées ici : <http://www.wmo-gaw-wcc-aerosol-physics.org/files/actris-recommendation-for-aerosol-drying.pdf>.

Le LCSQA recommande le modèle de sécheur Nafion® commercialisé par le constructeur de l'ACSM. Ce dernier permet d'enregistrer l'ensemble des paramètres (i.e. humidité relative, température, débit en entrée/sortie du sécheur). Il fonctionne avec un module de pompe contrôlant à la fois le débit d'échantillonnage (section 2.1.3) ainsi que le débit de contre flux dans le sécheur. Les sondes d'humidité présentes sur ce sécheur peuvent être comparée annuellement avec une sonde de référence.

#### 2.1.5 Dimensionnement des pertes de la ligne d'échantillonnage

De manière analogue à d'autres instruments qui mesurent les caractéristiques des particules, il est intéressant d'évaluer les pertes dans la ligne de prélèvement en prenant en compte les paramètres tels que la longueur et le diamètre de ligne, le débit d'échantillonnage, la présence de coude(s), la présence d'un sécheur, etc.). Ces pertes peuvent par exemple être modélisées sous IGOR à l'aide de l'outil PLC téléchargeable gratuitement via le lien : <http://www.mpch-mainz.mpg.de/~drewnick/PLC/>.

Néanmoins, les pertes dans les lignes sont minimisées en considérant les recommandations ci-dessus, c'est à dire en évitant les coudes dans la ligne de prélèvement, en assurant un flux laminaire dans la ligne et en utilisant une ligne métallique.

### 2.2 **Autres préconisations**

L'ACSM requiert une puissance de 300 W et fonctionne sur 85-264 VAC, 47/63 Hz. Le LCSQA recommande l'utilisation d'un onduleur (par exemple, « uninterruptible power supply » UPS, 2000kV) afin de protéger l'instrument des coupures électriques intempestives.

Il est impératif d'installer l'ACSM dans un environnement climatisé afin d'éviter des arrêts des turbo pompes ou du détecteur Prisma suite à leur surchauffe. La température maximale de fonctionnement indiquée par le constructeur est de 33°C. Le LCSQA préconise de maintenir la température de la station en dessous de 25°C. Le LCSQA recommande également de nettoyer les ventilateurs des turbopompes et du détecteur *Prisma* une fois par an afin d'éviter des défauts de refroidissement.

Enfin, le LCSQA recommande de connecter l'ACSM à internet afin de pouvoir contrôler l'instrument à distance d'une part (e.g. via TeamViewer) et d'autre part de pouvoir mettre en place les protocoles de récupération des données.

### 3. ENTRETIENS, CONTROLES ET MAINTENANCES

#### 3.1 Synthèse des contrôles et maintenances assurant le bon fonctionnement de l'instrument

Ce tableau synthétise les paramètres qui conditionnent le bon fonctionnement de l'ACSM, et leur fréquence de contrôle par l'opérateur. Le respect de ces contrôles et maintenances permettra d'optimiser le taux de fonctionnement et de maximiser la qualité des données disponibles.

Tableau 1 : Tableau de synthèse des contrôles et maintenance

| Points de contrôle et/ou de maintenance                                   | Fréquence                        | Exigence                                                                                                                                                          | Action en cas de non-respect de l'exigence                                                                                |
|---------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Vérification de l'absence d'un « gel » du software d'acquisition ou du PC | Journalier ou à chaque connexion | La barre de scan, visible sur le logiciel DAQ ou sur Igor, doit être en mouvement.<br>Les graphiques sur Igor et les tensions sur le DAQ doivent être actualisés. | Redémarrage du PC et du Software                                                                                          |
| Pression d'entrée                                                         | Journalier ou à chaque connexion | $1,3 \pm 0,2$ torr vanne ouverte<br>Pas de chute brutale<br>$0.04 \pm 0,03$ vanne fermée                                                                          | Nettoyage de l'orifice critique à l'isopropanol,<br><br>Vérification du bon fonctionnement des pompes (turbo et primaire) |
| Emission du filament                                                      | Journalier ou à chaque connexion | $1\text{mA} \pm 5\%$                                                                                                                                              | Redémarrage du filament ou changement en cas de casse,                                                                    |
| Température du Vaporiseur                                                 | Journalier ou à chaque connexion | $600 \pm 20^\circ\text{C}$                                                                                                                                        | Ajustage de la tension,                                                                                                   |
| Tension du SEM                                                            | Journalier ou à chaque connexion | Activé (ON)                                                                                                                                                       | Activer + réglage                                                                                                         |

|                                                                                  |                                                                                                                                                                  |                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                      |
|----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Tension « Heater Bias »                                                          | Journalier ou à chaque connexion                                                                                                                                 | Activé (ON)                                                                 | Activer + réglage                                                                                                                                                                                                                    |
| Airbeam                                                                          | Journalier ou à chaque connexion                                                                                                                                 | Doit être proche de $10^7$ ( $\pm 15\%$ ) ion/s<br>Pas de variation brutale | Réglage (Tuning)                                                                                                                                                                                                                     |
| Courbes de Concentrations ( $\text{NO}_3$ , $\text{NH}_4$ , $\text{SO}_4$ , Org) | Journalier ou à chaque connexion                                                                                                                                 | Doivent être majoritairement positives ( $>\pm \text{LOD}$ )                | Des concentrations nulles doivent amener à une investigation (Vanne, filament, tension, réglage acquisition ...)<br><br>Des concentrations systématiquement négatives proviennent d'une inversion de la vanne du filtre à particules |
| Turbo Pompe                                                                      | Journalier ou à chaque connexion                                                                                                                                 | Fréquence, intensité des pompes correctes.                                  | Investigation (fuite dans la chambre à vide, ventilateur ...)                                                                                                                                                                        |
| Sécheur                                                                          | Journalier ou à chaque connexion                                                                                                                                 | HR < 40%                                                                    | Vérification du débit<br>Vérification de l'intégrité de la membrane Nafion®.<br>Vérification de l'intégrité de la pompe                                                                                                              |
| Débit de la ligne d'échantillonnage                                              | A chaque passage à la station                                                                                                                                    | Stable et égal à 3L/min ( $\pm 0,3$ L/min)                                  | Réglage ou<br>Vérification de l'intégrité de la pompe                                                                                                                                                                                |
| Réglage des tensions SEM & Heater Bias (Tuning)                                  | Dès qu'un écart supérieur à 15% est observé sur l'Airbeam par rapport à $10^7$ ion/s<br>Ou<br>Dès qu'une variation anormale est détectée sur les tensions SEM et |                                                                             | Utiliser le module de réglage dédié.<br><br>Optimiser le Heater Bias en premier<br><br>Régler ensuite le SEM pour que $\text{AB}=10^7$ ion/s                                                                                         |

|                                                       |                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                              |
|-------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
|                                                       | Heater Bias                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                              |
| Nettoyage de l'orifice critique à l'isopropanol       | 6 mois<br>Ou<br>Dès qu'une chute de la pression d'entrée est observée |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                              |
| Nettoyage des ventilateurs des pompes et du détecteur | 1 an                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                              |
| Changement du filtre à particules                     | 1 an                                                                  | Changement préventif                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                              |
| Changement de la vanne trois voies                    | 2 an                                                                  | Changement préventif                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                              |
| Changement des modules de pompes                      | 18 mois                                                               | Changement préventif                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                              |
| Blanc d'instrument                                    | 6 mois<br>Ou<br>A chaque intervention sur la ligne de prélèvement     | Placer un filtre en tête de ligne et mesurer en mode « acquisition » pendant 3h minimum.<br>Les concentrations doivent être proches des limites de détection de l'instrument ( $< \pm 0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )<br>Si une fuite est soupçonnée dans la ligne d'échantillonnage : mesurer à travers le filtre ACSM placé avant la lentille aérodynamique | Investigation (fuite, problème de vide, filtre encrassé ...) |
| Nettoyage de la tête d'impaction                      | 6 mois                                                                | Nettoyage similaire à d'autres système de mesure automatique des PM e.g. TEOM-FDMS ou radiomètres $\beta$ )                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                              |
| Nettoyage de la ligne de prélèvement                  | 1 an                                                                  | Nettoyage similaire à d'autres système de mesure automatique des PM e.g. TEOM-FDMS ou radiomètres $\beta$ )                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                              |

## 3.2 Listes des principaux paramètres techniques d'intérêt

### 3.2.1 Pression d'entrée

La pression d'entrée traduit le débit d'air qui entre dans l'ACSM. Lorsque la vanne d'entrée est ouverte, ce paramètre doit être de  $1,3 \pm 0,2$  Torr afin d'obtenir un débit de prélèvement dans l'instrument égal à  $0,08 \pm 0,015$  L/min. Vanne fermée, ce paramètre tombe à une valeur autour de  $0,07 \pm 0,03$  Torr.

Une forte dégradation de la valeur de pression lorsque la vanne est ouverte, traduit une baisse du débit d'entrée de l'ACSM, **le plus souvent produit par le bouchage partiel ou total de l'orifice critique**. Une augmentation de la pression, notamment vanne fermée, peut traduire la présence d'une fuite.

En cas de doute sur une variation de la pression d'entrée, il est possible de vérifier si celui-ci est corrélé avec une variation de la pression atmosphérique (disponible dans les paramètres de sortie du sécheur).

### 3.2.2 Température du vaporiseur

La valeur de consigne de ce paramètre est de 600 ( $\pm 20^\circ\text{C}$ ). Elle peut être réglée en faisant varier la tension d'alimentation du vaporiseur dans le menu « ionizer settings » du DAQ. Les retours d'expérience montrent que cette tension ne varie pas dans le temps de plus de quelques dixièmes de Volt. Une variation importante de la tension ou bien de la température est le signe d'un dysfonctionnement au niveau de la sonde de température ou du boîtier électronique.

Un arrêt de la tension du vaporiseur entraînera une chute brutale de la température du vaporiseur induisant une diminution la vaporisation des espèces chimiques en commençant par les moins volatiles ( $\text{Org}$  et  $\text{SO}_4$ ). Le signal de ces espèces deviendra par conséquent quasi nul. Un signal de nitrate d'ammonium peut toutefois persister puisque ce dernier est très volatil.

Une température trop éloignée de  $600^\circ\text{C}$  induira une modification des processus de fragmentation des espèces analysées et donc un biais dans le calcul de la concentration de ces espèces (i.e., invalidité de la table de fragmentation utilisée pour ce calcul).

### 3.2.3 Airbeam (signal $\text{N}_2^+$ )

L'Airbeam traduit le signal brut (en Ampère) de l'ion  $\text{N}_2^+$  ( $m/z=28$  sur le spectre de masse), très majoritairement lié au diazote de l'air. Cette valeur est prise comme référence pour traduire les variations de débits de l'ACSM ainsi que la décroissance de l'efficacité du détecteur.

La valeur de consigne de l'Airbeam est de  $10^{-7}$  ion/s. Le réglage de cette valeur est effectué via l'ajustement de la tension du détecteur *Prisma* (SEM voltage) à travers la procédure dite de « tuning » reporté dans le manuel utilisateur. Ce réglage est effectué impérativement avant un étalonnage, puis doit être répété par l'opérateur dès que la valeur décroît de plus de 15 % de la valeur de consigne.

Lors du traitement de données, les concentrations mesurées par ACSM sont corrigées, de façon linéaire, des variations de l'AirBeam autour de sa valeur de référence. Toutefois, d'après le constructeur, si la valeur de l'Airbeam s'écarte de plus de 50% de la valeur de référence, les corrections ne sont plus possibles et les données doivent être invalidées. Dans le cadre du dispositif de surveillance de la qualité de l'air, le choix a été fait de prendre une marge en fixant cette déviation à 30 % en ce qui concerne la validation et de 15% en ce qui concerne le réglage de l'ACSM sur le terrain.

Une valeur nulle de l'AirBeam peut provenir de la fermeture de la vanne d'entrée, d'un bouchage de l'orifice critique, de l'arrêt de la tension du détecteur SEM ou bien du filament. En mode « acquisition », ne pas oublier d'activer la fonction de correction de l'AirBeam dans l'onglet « time serie correction ».

### **3.2.4 Tension du détecteur (SEM Voltage)**

Ce paramètre correspond à la tension appliquée sur le multiplicateur d'électrons (SEM). Il n'y a pas de valeur de consigne fixe sur ce paramètre. La tension doit néanmoins être augmentée avec précaution afin d'éviter une rapide détérioration du SEM (i.e. en incrémentant la consigne par des pas d'une centaine de Volt maximum). La linéarité du SEM est assurée jusqu'à 3000 V d'après le constructeur.

Le réglage de ce paramètre est semi-automatisé, sa valeur est ajustée pour que l'AirBeam soit égale à  $10^{-7}$  ion/s. A tension constante, l'efficacité du SEM décroît avec la durée de mise en œuvre de l'instrument, en particulier lorsque ce dernier est neuf, induisant une décroissance du signal d'AirBeam avec le temps. Le LCSQA recommande donc d'augmenter la tension appliquée sur le SEM lorsqu'une diminution significative (>15%) de l'AirBeam est constatée.

Une chute de l'Airbeam peut être liée à une chute du débit d'air entrant dans l'ACSM (bouchage de l'orifice critique) ou encore à l'arrêt des filaments. Avant d'entamer un réglage de la tension du SEM, il convient de vérifier au préalable la valeur de la pression d'entrée (qui traduit le débit entrant dans l'ACSM) et de vérifier le bon fonctionnement du filament.

### **3.2.5 Heater Bias Voltage**

Cette tension permet d'optimiser l'intensité du signal du détecteur, son réglage est donc très important.

Il n'y a pas de valeur de référence sur ce paramètre, qui varie d'un instrument à l'autre. Il doit être ajusté de façon à maximiser le signal d'AirBeam pour une tension de SEM donnée. En fonctionnement normal, les valeurs de cette tension doivent rester proches d'un réglage à l'autre.

Comme pour la tension du SEM, ce réglage est semi-automatisé à l'aide du logiciel de mise en œuvre de l'instrument à travers la procédure dite de « tuning ». Le réglage de ces deux paramètres doit d'ailleurs toujours se faire conjointement, le réglage du « heater bias voltage » précédant toujours le réglage du « SEM voltage ».

Un mauvais réglage de ce paramètre peut conduire à une invalidation des données.

### 3.2.6 Emission du filament

L'émission du filament a une valeur de consigne de 1mA. Il convient de vérifier que sa valeur réelle moyenne varie dans une gamme de l'ordre de  $\pm 5\%$ .

Les retours d'expérience indiquent que ce paramètre suit une loi de type « tout ou rien », tombant à zéro lorsque le filament est cassé ou dans le cas d'un arrêt de la tension de consigne.

Un arrêt du filament induit l'arrêt de l'ionisation des molécules qui se traduit pour l'opérateur par une chute brutale de l'Airbeam et des concentrations détectées par l'ACSM.

### 3.2.7 Fonctionnement des pompes

Le logiciel dédié au monitoring des pompes permet de s'assurer des vitesses de rotation, des puissances et des températures de fonctionnement. Les fréquences de rotation sont respectivement égales à 650, 1500 et 1000Hz pour les trois turbo-pompes. Le logiciel permet également d'enregistrer ces paramètres dans un répertoire. Le répertoire par défaut est le suivant : « c:\ACSM\PumpData.txt ». Le LCSQA recommande d'archiver ces paramètres dans un fichier annuel du type « PumpData2017.txt », avec un intervalle de temps de 5 à 10min. Ces données peuvent être utiles en cas d'investigation.

Les pompes peuvent être sensibles à des températures ambiantes trop élevées. Ainsi, le LCSQA préconise de laisser fonctionner l'ACSM dans une pièce climatisée. La température maximale de bon fonctionnement de l'ACSM est de 33°C selon le constructeur. Le LCSQA recommande également de nettoyer les ventilateurs de refroidissement des pompes au moins une fois par an.

### 3.2.8 Sécheur

Le séchage des particules préalablement à leur mesure est important car la mesure des concentrations par ACSM est dépendante de l'humidité. En effet, le coefficient de collection de l'ACSM noté CE est un paramètre qui dépend notamment de l'humidité. Le calcul du coefficient de collection corrigé selon la méthode proposée par Middlebrook<sup>1</sup> et noté CE\_dry considère que les particules ont été séchées préalablement. Cette méthode, dite « de Middlebrook » indique que l'humidité relative maximale est difficile à prédire et recommande donc de sécher efficacement les aérosols en amont de l'ACSM.

Le LCSQA recommande donc de maintenir un taux d'humidité relative sortant du sécheur inférieur à 40% et également inférieur au taux d'humidité relative entrant dans le sécheur.

Le LCSQA recommande de sauvegarder les données du sécheur toute les 5min.

---

<sup>1</sup> Ann M. Middlebrook et al. (2012) Evaluation of Composition-Dependent Collection Efficiencies for the Aerodyne Aerosol Mass Spectrometer using Field Data, Aerosol Science and Technology, 46:3, 258-271.

## 4. CONTROLE QA/QC, VALIDATION DES DONNEES

### 4.1 Tableau de synthèse des contrôles assurant la qualité des données

Ce tableau synthétise les points de contrôle permettant de valider ou d'invalider les mesures lors du traitement des données.

Tableau 2 : Tableau de synthèse des critères de validation des données

| Points de contrôle                    | Critère                                                                                                                                                    | Action en cas de non-respect du critère                             | Paragraphe |
|---------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|------------|
| Pression d'entrée                     | $1,3 \pm 0,2$ torr<br>Pas de chute brutale                                                                                                                 | Invalidation                                                        | 3.2 et 4.3 |
| Température du vaporiseur             | $600 \pm 30^{\circ}\text{C}$                                                                                                                               | Invalidation                                                        | 3.2 et 4.3 |
| Tensions filament, SEM et Heater Bias | Pas de modification involontaire liée à un mauvais paramétrage.<br><br>Pas de variation brutale des valeurs (or réglage de l'opérateur).                   | Invalidation                                                        | 3.2 et 4.3 |
| Airbeam                               | Doit être proche de $10^7 \pm 30\%$ ion/s<br><br>Pas de variation brutale or réglage traduisant un problème (tensions, bouchage de l'orifice critique ...) | Invalidation                                                        | 3.2 et 4.3 |
| Sécheur                               | HR<40%                                                                                                                                                     | Invalidation                                                        | 3.2        |
| Coefficient de collection (CE)        | CE=0,5 sous Igor pendant l'acquisition<br><br>CE Middlebrook (CE_dry) pour l'analyse des données                                                           | Possibilité de refaire les calculs à tout moment en post traitement | 4.4        |

|                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| Validité des efficacités d'ionisation relative : RIEs                                            | Vérification de la balance ionique :<br><br>La pente entre l'ammonium mesuré et l'ammonium prédit doit être proche de 1 ( $\pm 0,1$ )                                                                                                                                                                                                      | Vérifier que les RIE ont été correctement paramétrés dans Igor.<br><br>Vérifier que ce changement de pente n'est pas ponctuel pouvant traduire la présence de particules acides ou d'un mauvais paramétrage.<br><br>Si le problème persiste dans le temps : refaire un étalonnage                                                                                                                                                                                                               | 4.4<br><br>4.5.1 |
|                                                                                                  | Concentrations positives et non nulles ( $> \pm \text{LOD}$ )                                                                                                                                                                                                                                                                              | Des concentrations systématiquement négatives proviennent d'une inversion de la vanne du filtre à particules. Dans ce cas, les mesures peuvent être validées en prenant leur valeur absolue. Par ailleurs, l'opérateur doit resynchroniser la vanne à l'aide du menu dédié.<br><br>Des concentrations systématiquement nulles ou très inférieures à LOD doivent amener à une investigation (Vanne fermée, filament éteint, tension détecteur, réglage acquisition, configuration IE et RIE ...) | 4.5.2            |
| Concentration totale des mesures ACSM<br><br>=<br><br>Validité de l'efficacité d'ionisation : IE | Les concentrations NR-PM <sub>1</sub> (et/ou NR-PM <sub>1</sub> +eBC) doivent être corrélées de façon linéaire aux mesures PM <sub>1</sub> et PM <sub>2,5</sub> .<br><br>La somme ACSM+eBC doit être proche du PM <sub>1</sub> à $\pm 20\%$ à la valeur limite journalière.<br><br>Si le PM <sub>1</sub> n'est pas disponible, utiliser la | Vérifier que les RIE et IE ont été correctement paramétrés sous Igor.<br><br>Vérifier que les corrections « time série correction » et « relative ion transmission » ont été correctement appliquées.<br><br>Si le problème persiste dans le temps : refaire un étalonnage                                                                                                                                                                                                                      | 4.5.2            |

|  |                                                                                                                                                                                                                                               |  |  |
|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|
|  | <p>valeur du <math>PM_{2,5}</math>.</p> <p>La valeur de la pente doit être analysée en considérant que le rapport <math>PM_1/PM_{2,5}</math> peut fluctuer fortement (entre 0,6 et 0,95) en fonction des sites de mesure et de la saison.</p> |  |  |
|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|

## 4.2 Schéma de validation des données

La validation d'une série de données, doit suivre les trois étapes suivantes :

- **Validation des paramètres techniques de l'ACSM** (section 4.3):

Vérifier, pour chaque point de mesure, les paramètres techniques suivant :

- ✓ Pression d'entrée ;
- ✓ Température du vaporiseur ;
- ✓ Tensions SEM et Heater Bias, émission du filament ;
- ✓ Valeur de l'airbeam ;
- ✓ Concentrations mesurées non nulles et supérieures ou égales à la valeur du blanc ;
- ✓ Humidité relative < 40%

- **Validation de la configuration du logiciel « ACSM\_local »** (section 4.4) :

Vérifier la configuration, dans le logiciel « ACSM\_local », des efficacités d'ionisation (IE et RIE), des efficacités de collection et des corrections :

- ✓ Vérification des IE et RIE ;
- ✓ Vérification que CE=0,5 ;
- ✓ Vérification de la correction « time serie correction » ;
- ✓ Vérification de la correction du RIT ;

- **Validation de la cohérence des mesures** (section 4.5):

- ✓ Validation de la répartition des espèces par la vérification de la balance ionique (section 4.5.1) ;
- ✓ Validation de la justesse des concentrations par la comparaison des mesures ACSM, corrigées de l'efficacité de Middlebrook (CE<sub>dry</sub>), avec une mesure indépendante des PM<sub>1</sub> (ou PM<sub>2.5</sub>). (section 4.5.2)

## 4.3 1<sup>ère</sup> étape : vérification des paramètres techniques de l'ACSM (hardware)

Cette étape consiste à valider, pour chaque point de la série de données, le bon fonctionnement de l'ACSM à travers la vérification des paramètres techniques listés dans la partie 3.2 (Pression, Airbeam, Température du vaporiseur, Emission du filament, Heater Bias Voltage, SEM voltage). Une erreur constatée au-delà des critères indiqués dans le tableau de synthèse de la section 4.1, implique une invalidation des données.

L'ensemble des paramètres techniques nécessaires à ce travail sont disponibles dans le fichier \*.csv exporté sur les PC d'acquisition ou bien en ouvrant les fichiers bruts de l'ACSM avec le logiciel Igor. Dans ce dernier cas, un onglet « diagnostic » permet de visualiser l'ensemble de ces paramètres.

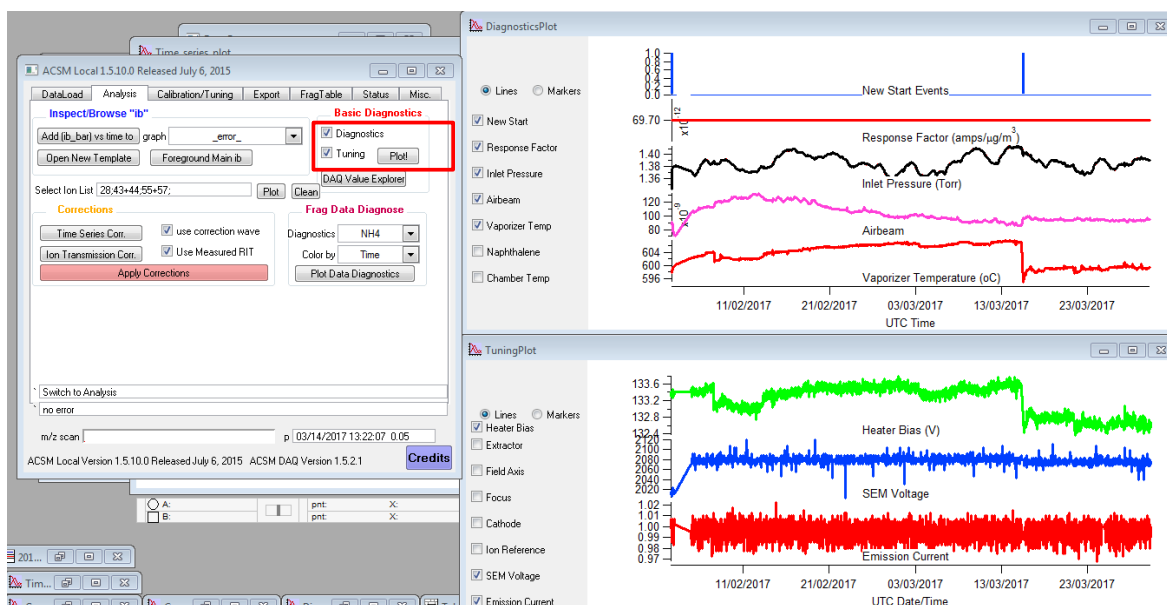


Figure 1 : Visualisation des paramètres techniques de l'ACSM via le logiciel de visualisation des données ACSM\_local.

#### 4.4 2<sup>ème</sup> étape : vérification de la configuration du logiciel de l'ACSM (software)

La validation des paramètres techniques de l'ACSM est nécessaire mais non suffisante pour valider les mesures obtenues par l'ACSM.

En effet, bien que l'ACSM soit en état de fonctionnement, une mauvaise configuration du logiciel « ACSM\_local » par l'opérateur ou l'utilisation, par exemple, de coefficients d'étalonnage erronés induisent une erreur sur les mesures fournies. Il est donc nécessaire que les opérateurs des ACSM soient en mesure de configurer correctement le logiciel « ACSM\_local » (après un redémarrage par exemple).

Il est également important de noter que **l'ensemble des paramétrages de la présente section (4.4) peut être effectué a posteriori sur les données brutes (\*.itx)** en rechargeant les données brutes avec le logiciel « ACSM\_local ». Ainsi, si une erreur de paramétrage (même ancienne) est identifiée, il est tout à fait possible de retraiter les données à la condition nécessaire que la validation des paramètres techniques présentée en 4.3 ait été effectuée.

Cette seconde étape consiste donc à vérifier, pour chaque point de mesure, le bon paramétrage des coefficients d'étalonnage (IE, RIE), de l'efficacité de collection (CE), des valeurs de référence permettant de corriger les mesures des variations de l'Airbeam, ainsi que l'efficacité de transmission (RIT).

Ces configurations sont listées ci-dessous et sont par ailleurs toutes détaillées dans le manuel utilisateur :

- **Vérification** que les **valeurs des CE** dans le « review batch » sont bien égales à 0,5 pour chaque espèce pendant toute la série de données (Figure 2) ;

- **Vérification** que les **coefficients d'étalonnage** (IE et RIE) sont correctement paramétrés dans le « Review batch » pendant toute la série de données (Figure 2).

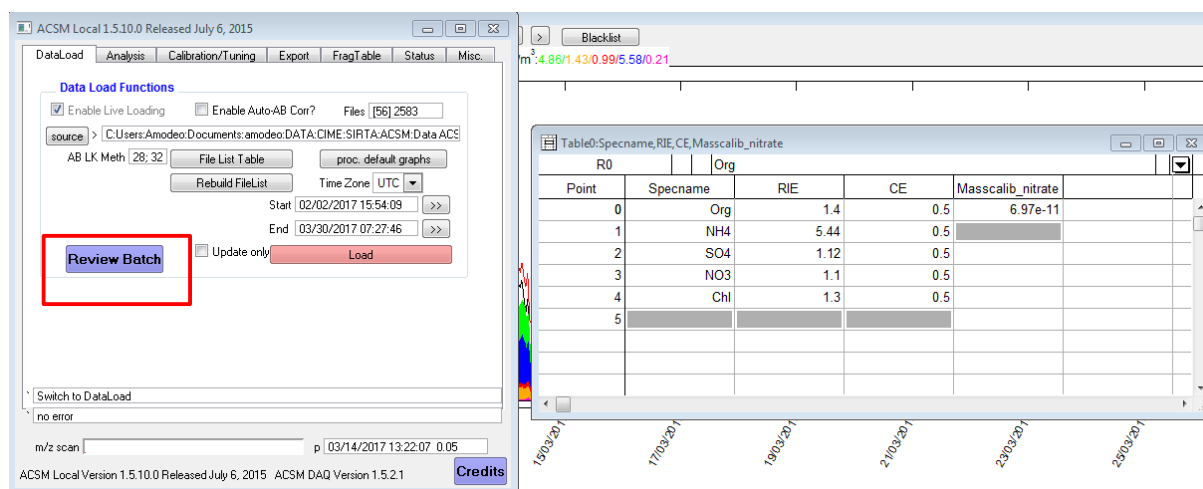


Figure 2 : Paramétrage des RIE, IE et CE

Les séries temporelles de ces paramètres techniques (CE, IE, RIE) sont disponibles pour chaque point de mesure dans le fichier \*.csv exporté sur le PC de l'ACSM à l'aide de la fonction Auto\_ACSM\_Export (Cf Chapitre 5).

- **Paramétrisation de l'option « time serie correction »**

Cette fenêtre, représentée sur la Figure 3, reporte à droite, les paramètres techniques de l'ACSM dit de « référence » (signal de N<sub>2</sub>, signal d'O<sub>2</sub>, signal d'Ar, signal de naphtalène, efficacité d'ionisation (IE) notée également « Response Factor : RF », pression de la lentille aérodynamique, température) i.e. tels qu'ils ont été mesurés lors de l'étalonnage (IE ou RF).

Elle reporte également certaines séries temporelles importantes : le débit entrant dans l'ACSM (Pressure), l'Airbeam (N<sub>2</sub>) ainsi que la valeur du coefficient d'étalonnage noté IE (ou RF).

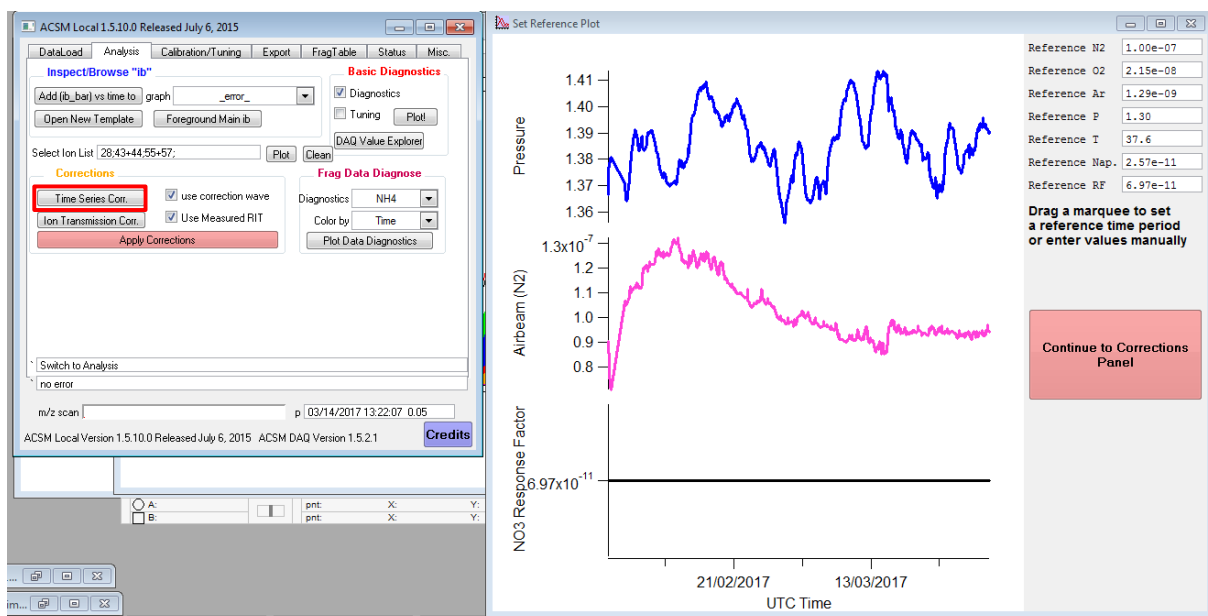


Figure 3 : Configuration des paramètres de référence pour la prise en compte des correction des variation de l'airbeam de Pression et des coefficient d'étalonnages

Les paramètres configurés dans la partie de droite de cette fenêtre doivent être ceux enregistrés lors de l'étalonnage de l'IE applicable à la série de données considérées.

A l'issu d'un étalonnage, ces paramètres de référence sont sauvegardés dans le Logiciel DAQ, mais également dans un fichier Igor enregistré dans le répertoire « c:\ACSM\settings » sous le nom « ACSM\_NO3CalPlot\_aaaammjj\_hhmmss.pxp ».

Les paramètres de référence qui ont un impact sur la correction des données et pour lesquels il faut être le plus vigilant sont : le débit entrant dans l'instrument (**reference P**), l'Airbeam (**reference N<sub>2</sub>**) et l'efficacité d'ionisation (**reference RF**). Chacun de ces trois paramètres impacte directement et linéairement les concentrations mesurées par l'ACSM. De façon plus détaillée, une valeur d'IE doit toujours être associée à une valeur de P<sub>ref</sub> et de N<sub>2 ref</sub>.

L'ensemble de ces paramètres de références reporté sur la partie droite de la Figure 3 sont modifiables par l'opérateur.

**Note 1 : Il est important de valider la valeur de l'IE dans cette fenêtre** car c'est cette valeur qui sera utilisée dans les calculs, prioritairement à celui du « review batch » dont la valeur au démarrage peut être différente.

**Note 2 :** Dans le cas où un changement d'IE est visible sur le graphe du bas de la Figure 3, traduisant le fait qu'un étalonnage a été effectué, les valeurs de référence par défaut seront celles correspondant aux données les plus anciennes. Il convient donc à l'opérateur de modifier les valeurs de référence si nécessaire.

**Note 3 :** A l'issu d'un étalonnage, les nouvelles valeurs de référence sont enregistrées dans le logiciel « DAQ » et consultable dans l'onglet « calibration » (Figure 4 :). Elles sont également stockées dans chaque fichier brut \*.itx enregistré.

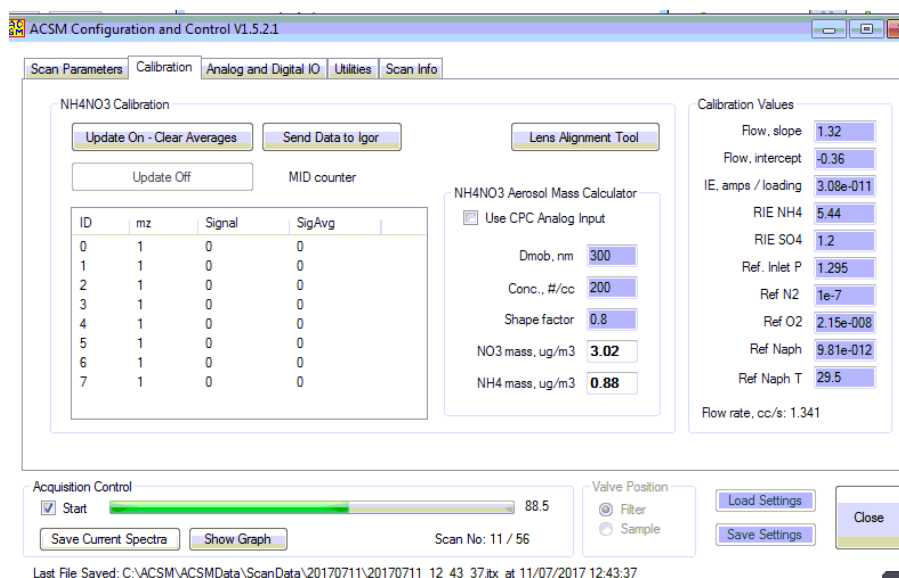


Figure 4 : Onglet calibration du logiciel de pilotage de l'ACSM dans lequel sont reportées les valeurs de référence du dernier étalonnage.

- **Vérification de l'activation de la correction de l'efficacité de transmission de l'ACSM (RIT)**

Cette correction est accessible dans la fenêtre du logiciel « *ACSM\_local* » représentée sur la Figure 5. Elle correspond à la prise en compte de l'efficacité de transmission de l'ACSM qui décroît pour les masses les plus lourdes.

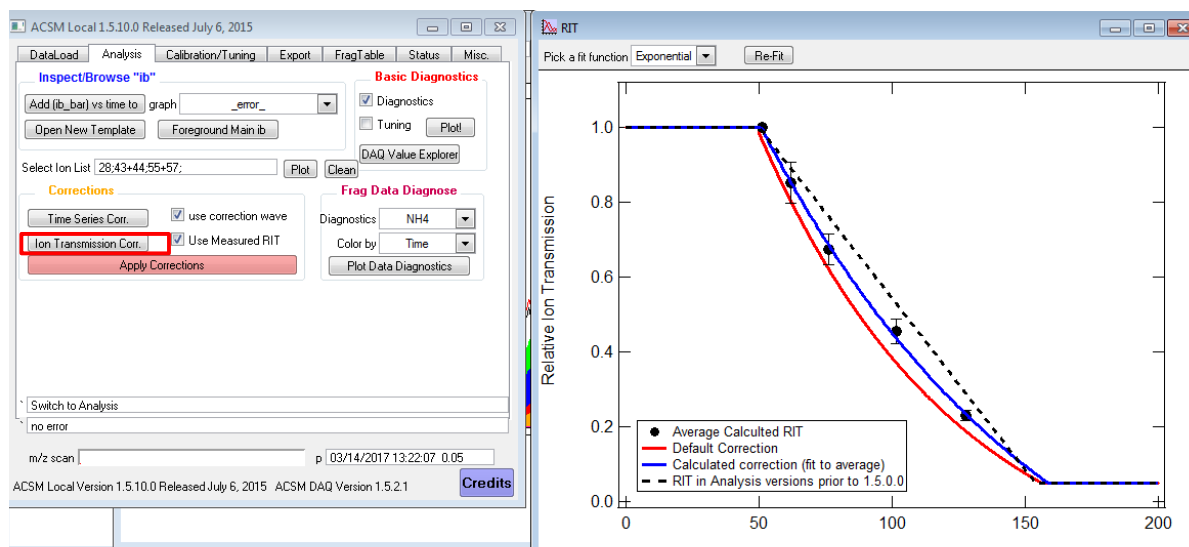


Figure 5 : Fonction de correction de l'efficacité de transmission du spectromètre de masse (RIT)

Cette option doit être activée et l'ajustement mathématique (exponentiel, puissance, ...) doit être sélectionné par l'opérateur afin que la fonction de correction soit la plus proche possible des points expérimentaux.

A l'issue de la vérification des quatre points précédents, il convient d'activer les corrections « time serie correction » et « RIT » en appuyant sur le bouton « Apply correction ».

## 4.5 3ème étape : vérification de la cohérence des mesures

### 4.5.1 Vérification de la répartition relative des espèces chimiques : balance ionique (validité des RIE)

Il s'agit d'une étape importante de la validation des données ACSM permettant de valider les valeurs des RIE  $\text{NH}_4$  et RIE  $\text{SO}_4$ .

Il s'agit de vérifier que la concentration d'ammonium mesurée par l'instrument est proche des concentrations « d'ammonium prédit ». Celle-ci est déterminée à l'aide des mesures de nitrate, de sulfate et de chlore en considérant que, dans l'atmosphère, ces espèces sont très majoritairement associées à l'ammonium sous forme de  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  et  $\text{NH}_4\text{Cl}$ .

Ainsi :

$$\text{NH4}_{\text{prédit}} = [\text{NO}_3]/62 + 2 [\text{SO}_4]/96 + [\text{Cl}]/35.45$$

$$\text{NH4}_{\text{mesuré}} = [\text{NH}_4]/18$$

Ce diagnostic peut être effectué en appliquant les calculs ci-dessus aux données exportées dans le fichier \*.csv. Il est également accessible sous le logiciel « ACSM\_local » dans l'onglet « Analyse ».

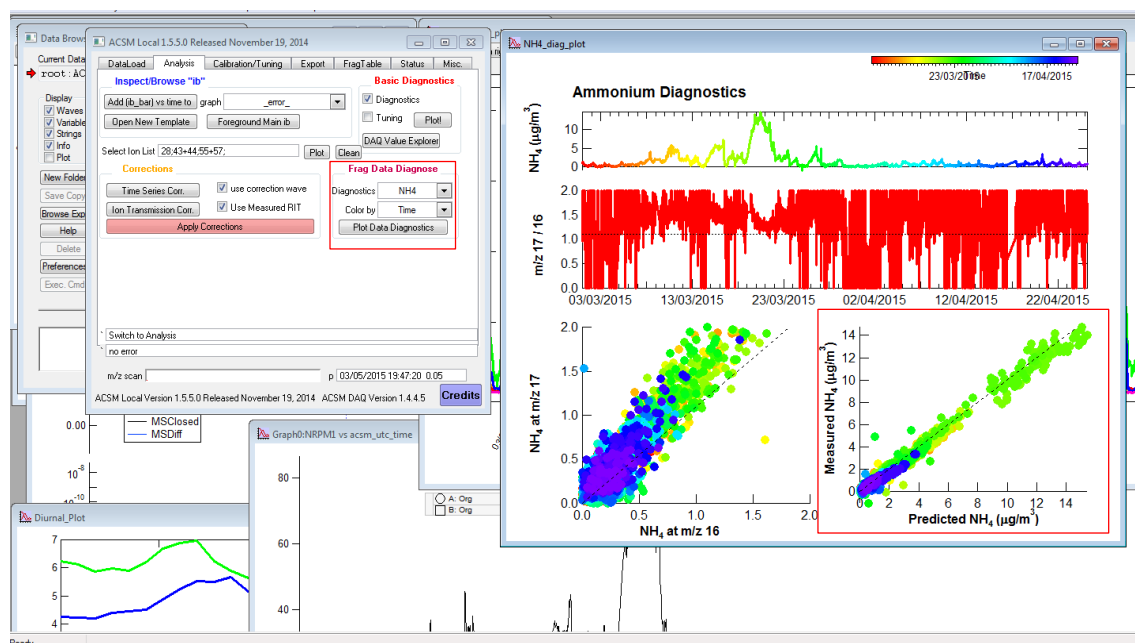


Figure 6 : Diagnostique de la balance ionique sous IGOR.

Un rapport  $\text{NH4}_{\text{mesuré}}/\text{NH4}_{\text{prédit}}$  proche de 1 signifie que la répartition relative des quatre espèces inorganiques ( $\text{NO}_3$ ,  $\text{NH}_4$ ,  $\text{Cl}$ ,  $\text{SO}_4$ ) mesurées par l'ACSM est correcte dans la limite des incertitudes de l'instrument.

DRC-17-167619-05668B/ Guide méthodologique pour la mesure de la composition chimique des particules submicroniques non-réfractaires par Aerosol Chemical Speciation Monitor (ACSM)

**Ainsi, la pente sur une série de données doit être égale à  $1 \pm 10\%$ .** Il est préférable d'évaluer cette pente avec une série de données assez conséquente (plusieurs semaines) et avec des concentrations de particules inorganiques pas trop faibles ( $> 5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Ce rapport peut être temporairement abaissé lors de certains épisodes de pollution lorsqu'il y a présence d'aérosols acides du type  $(\text{NH}_4)\text{HSO}_4$  au lieu de  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , ou bien en présence de  $\text{SO}_4$  ou de  $\text{NO}_3$  liée à de la matière organique (organo-Nitrate, organo-sulfate). Dans ces deux exemples, l'ammonium prédit se trouverait surestimé et le rapport  $\text{NH}_{4\text{mesuré}}/\text{NH}_{4\text{prédit}}$  diminué.

Ainsi, il convient de suivre l'évolution de ce rapport au cours du temps afin d'observer sa tendance. Une dérive continue et conséquente dans le temps peut indiquer que l'étalonnage des RIE  $\text{NH}_4$  et RIE  $\text{SO}_4$  doivent être vérifiés. Une dérive ponctuelle qui revient à la normale doit plutôt faire l'objet d'une interprétation en termes de chimie atmosphérique.

Une erreur de paramétrage des RIE de la part de l'opérateur peut amener à une erreur sur la pente.

Enfin, il est à noter que les retours d'expériences montrent que les valeurs de RIE fluctuent assez peu dans le temps sur les stations de fond urbain métropolitaines.

#### 4.5.2 Comparaison aux mesures $\text{PM}_{10}$ ou $\text{PM}_{2,5}$

La deuxième étape de validation de la cohérence des données de l'ACSM consiste à comparer la somme des concentrations mesurées avec une mesure réglementaire de la concentration massique de PM résolue dans le temps, par TEOM FDMS, jauge Bêta ou FIDAS (Noté AMS pour système de mesure automatique)

Idéalement, cette comparaison doit être faite avec une mesure de la fraction  $\text{PM}_{10}$  puisque le Q-ACSM dans sa version actuelle est doté d'une lentille aérodynamique possédant un diamètre de coupure d'environ  $1\mu\text{m}$ .<sup>2</sup> Néanmoins, la mesure  $\text{PM}_{10}$  n'étant pas réglementaire, et de ce fait rarement disponible dans les stations, il est possible de comparer les mesures ACSM avec une mesure  $\text{PM}_{2,5}$ .

---

<sup>2</sup> Liu, P. S. K., Deng, R., Smith, K. A., Williams, L. R., Jayne, J. T., Canagaratna, M. R., Moore, K., Onasch, T. B., Worsnop, D. R., and Deshler, T. (2007). Transmission Efficiency of an Aerodynamic Focusing Lens System: Comparison of Model Calculations and Laboratory Measurements for the Aerodyne Aerosol Mass Spectrometer. *Aerosol Sci. Technol.* 41:721-733.

#### 4.5.2.1 Prise en compte des concentrations corrigées par le CE de Middlebrook (CE<sub>dry</sub>)

Pour réaliser la comparaison des mesures ACSM avec des mesures PM<sub>1</sub> ou PM<sub>2,5</sub> indépendantes, il est nécessaire de considérer le coefficient d'efficacité de collection (CE) corrigé par la méthode de Middlebrook (CE<sub>dry</sub>) et non celui par défaut (CE=0,5) paramétré sous ACSM<sub>local</sub>.<sup>3</sup>

La valeur du CE<sub>dry</sub> est reportée dans les fichiers exportés \*.csv automatiquement par une fonction Igor « *Auto\_ACSM\_export.ipf* » présent sur le PC de l'ACSM. (Cf section 5.3 et annexe 1)

#### 4.5.2.2 Vérification de la corrélation entre mesures ACSM et mesures PM

Les espèces non-réfractaires, notés NR-PM<sub>1</sub>, mesurées par ACSM (NO<sub>3</sub>, SO<sub>4</sub>, NH<sub>4</sub>, Cl, et Org) constituent l'essentiel de la fraction submicronique, tel que :

$$PM_1 \approx NR-PM_1 (= NO_3 + SO_4 + NH_4 + Cl + Org)$$

**NR-PM<sub>1</sub> doit être corrélé à la mesure PM<sub>1</sub> sous la forme d'une pente du type y=ax+b avec b proche de l'origine et R<sup>2</sup>>0,8. Une corrélation linéaire valide la dynamique de l'instrument et son bon fonctionnement.** Un changement brutal de la pente peut cacher une modification des tensions de l'instrument, des facteurs d'étalonnage (IE, RIE), du CE ou encore une défaillance technique (vanne, filtre, pompe ....).

En l'absence de mesures PM<sub>1</sub>, ce travail doit être effectué avec des données PM<sub>2,5</sub>. Les mêmes résultats sont alors attendus, avec néanmoins une pente qui doit être plus faible que dans le cas du PM<sub>1</sub>. De plus, dans le cas présent, une évolution des rapport PM<sub>1</sub>/PM<sub>2,5</sub>, d'une saison à l'autre ou bien d'un épisode de pollution à un autre, se traduirait par une évolution du coefficient directeur de la pente. Il convient donc de garder ceci à l'esprit lors du traitement des données. En effet, des changements de pentes brutaux ont déjà été observés suite à une modification de la granulométrie des particules.

La corrélation des mesures obtenues par ACSM avec des mesures PM doit tenir compte des incertitudes de chaque méthode qui implique nécessairement une dispersion des points autour de la droite. L'incertitude pour la comparaison entre les différentes méthodes peut s'exprimer ainsi :

$$\sigma = \sqrt{\sigma_{ACSM}^2 + \sigma_{AMS}^2}$$

---

<sup>3</sup> Ann M. Middlebrook et al. (2012) Evaluation of Composition-Dependent Collection Efficiencies for the Aerodyne Aerosol Mass Spectrometer using Field Data, *Aerosol Science and Technology*, 46:3, 258-271.

D'après les résultats de la campagne de comparaison inter laboratoire européenne (ACTRIS) de 2013<sup>4</sup>, les incertitudes élargies des Q-ACSM sont égales à 9 % pour la somme des cinq espèces mesurées (Figure 7).

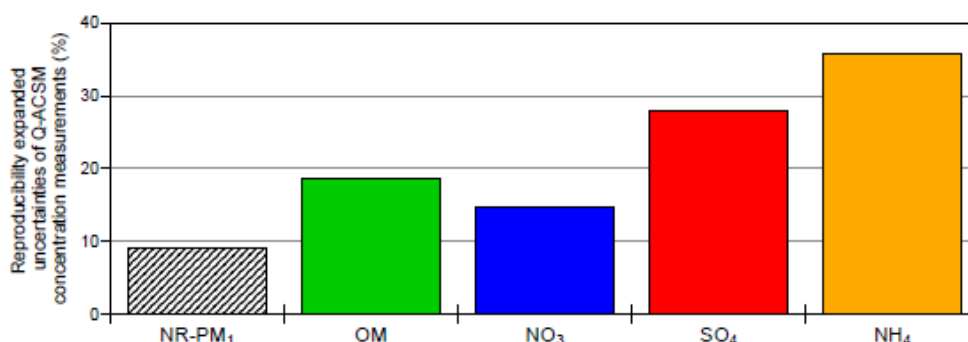


Figure 7 : Incertitudes élargies des concentrations de particules ultrafines non réfractaires mesurées par Q-ACSM et de leur composé majoritaire (OM, NO<sub>3</sub>, SO<sub>4</sub> et NH<sub>4</sub>) à l'issues des résultats de la campagne de comparaison inter laboratoires de 2013 du réseau européen ACTRIS.

Les incertitudes élargies des AMS prises en compte dans cet exemple sont celles déterminées lors des essais d'approbation de type pour la mesure des PM<sub>2,5</sub> à savoir : 13% pour le BAM 1020, 17% pour le MP101M et entre 11 et 19% pour les TEOM FDMS. Les AASQA sont invitées à considérer les incertitudes de leurs instruments si celles-ci sont connues.

Les valeurs de dispersion des points autour de la droite, calculés à partir des informations ci-dessus, sont reportées dans le tableau 3 :

Tableau 3 : incertitudes élargies pour la comparaison des mesures ACSM et PM

| AMS de référence                             | Incertitudes élargies  |
|----------------------------------------------|------------------------|
| BAM ( $\sigma_{\text{AMS}} = 17\%$ )         | 19%                    |
| MP101M ( $\sigma_{\text{AMS}} = 13\%$ )      | 16%                    |
| TEOM ( $11\% < \sigma_{\text{AMS}} < 19\%$ ) | $14\% < \sigma < 21\%$ |

*Note : Pour rappel, la directive 2008/50/CE impose une incertitude de 25% à la valeur limite journalière pour les AMS. Ainsi, il est intéressant de souligner que l'ACSM, qui n'est pas considéré comme un « analyseur automatique de concentration massique des PM » mais comme un « analyseur automatique de la composition chimique des PM » respecte l'incertitude réglementaire applicable aux premiers.*

<sup>4</sup> Crenn et al, ACTRIS ACSM intercomparison – Part 1: Reproducibility of concentration and fragment results from 13 individual Quadrupole Aerosol Chemical Speciation Monitors (Q-ACSM) and consistency with co-located instruments, Atmos. Meas. Tech., 8, 5063–5087, 2015.

La Figure 8 montre un exemple de comparaison entre deux mois de mesures ACSM (NR-PM<sub>1</sub>) et de mesures PM<sub>2,5</sub> par TEOM FDMS. L'intervalle a été fixé à  $\pm 14\%$ . Il s'agit ici de données quart-horaire. L'ensemble des données sont bien comprises dans cet intervalle. Les points en dehors de cet intervalle peuvent être invalidés.

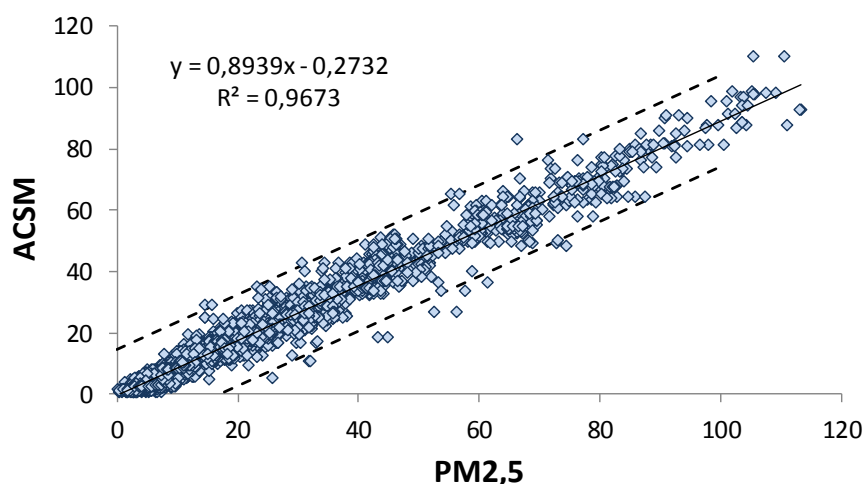


Figure 8 : Exemple de corrélation entre ACSM (NR-PM<sub>1</sub>) et une mesure réglementaire de PM<sub>2,5</sub>.

Afin d'affiner ces critères de validation, il est intéressant de tenir également compte des concentrations de carbone suie (ou carbone élémentaire, EC). En effet, ce dernier constitue la principale espèce majeure réfractaire de la fraction submicronique, et il est possible de reconstituer une meilleure approximation des PM<sub>1</sub> en faisant la somme de ces différentes espèces :

$$\text{PM1\_reconstitué} = \text{NR-PM}_1 + \text{EC} = \text{NO}_3 + \text{SO}_4 + \text{NH}_4 + \text{Cl} + \text{Org} + \text{EC}$$

La mesure d'EC en temps réel étant onéreuse, le LCSQA a préconisé d'installer un analyseur de Black Carbon (noté eBC pour « équivalent Black Carbon » utilisé comme proxy. de EC) dans les stations équipées d'ACSM. Ainsi, une bonne approximation du PM<sub>1</sub> peut être reconstituée en sommant les mesures ACSM avec celles de l'AE33 :

$$\text{PM1\_reconstitué} = \text{NO}_3 + \text{SO}_4 + \text{NH}_4 + \text{Cl} + \text{Org} + \text{eBC}.$$

En appliquant ce calcul, le LCSQA/INERIS invite les AASQA à prendre en compte dans l'interprétation des résultats que le rapport eBC/EC peut être significativement différent d'un site à un autre et compris entre 1,5 et 2. Ceci est d'autant plus pertinent sur les sites pour lesquels les niveaux d'eBC sont importants. En l'absence de connaissance sur la valeur expérimentale de ce rapport, le LCSQA préconise de considérer un ratio eBC/EC moyen de l'ordre de 1,6.

Comme pour NR-PM<sub>1</sub>, la mesure « PM<sub>1</sub>\_reconstitué » doit être corrélée à la mesure PM<sub>1</sub> sous la forme d'une pente du type  $y=ax+b$  avec  $b$  proche de l'origine,  $R^2 > 0,8$ . Une corrélation linéaire valide la dynamique de l'instrument et son bon fonctionnement.

L'incertitude pour la comparaison entre les différentes méthodes peut ici s'exprimer ainsi :

$$\sigma = \sqrt{\sigma_{(ACSM,AE33)}^2 + \sigma_{AMS}^2}$$

L'incertitude de la mesure d'eBC est estimée ici à 50 % étant donné son caractère indicatif.

En considérant que les concentrations d'eBC sont minoritaires par rapport aux concentrations de l'ACSM (i.e. environ 10% du PM<sub>1</sub>) le calcul d'incertitude peut alors être simplifié en considérant uniquement celle de l'ACSM :

$$\sigma_{(ACSM,AE33)} = \sqrt{(0,1\sigma_{AE33})^2 + (0,9\sigma_{ACSM})^2} \approx \sigma_{(ACSM)}$$

#### 4.5.2.3 Evaluation de la justesse des concentrations mesurées par ACSM

La valeur de la pente de corrélation NR-PM<sub>1</sub>= f(PM<sub>1</sub>) ou f(PM<sub>2,5</sub>), telle que représentée sur la Figure 8, renseigne sur la justesse des concentrations absolues mesurées par l'ACSM dont les valeurs, une fois toutes les étapes de validation technique effectuées, **dépendent linéairement de l'efficacité d'ionisation (IE) et du coefficient de collection (CE)**.

- **Comparaison avec le PM<sub>1</sub>** : la pente doit être proche de 1 avec une erreur qui peut être évaluée à ±20% à la valeur limite journalière (en se référant aux incertitudes calculées pour la fraction PM<sub>2,5</sub> (tableau 1) et à celle de la directive 2008/50/CE égale à 25% à la valeur limite journalière pour les AMS). Un exemple d'une comparaison avec des PM<sub>1</sub> est fourni sur la Figure 9, il s'agit d'une comparaison entre la somme des cinq espèces ACSM (NR-PM<sub>1</sub>) avec des mesures PM<sub>1</sub> obtenues par FIDAS et TEOM-FDMS lors de l'inter comparaison européenne ACTRIS 2 de 2016. Les pentes obtenues sont respectivement de 0,91 et de 0,97.

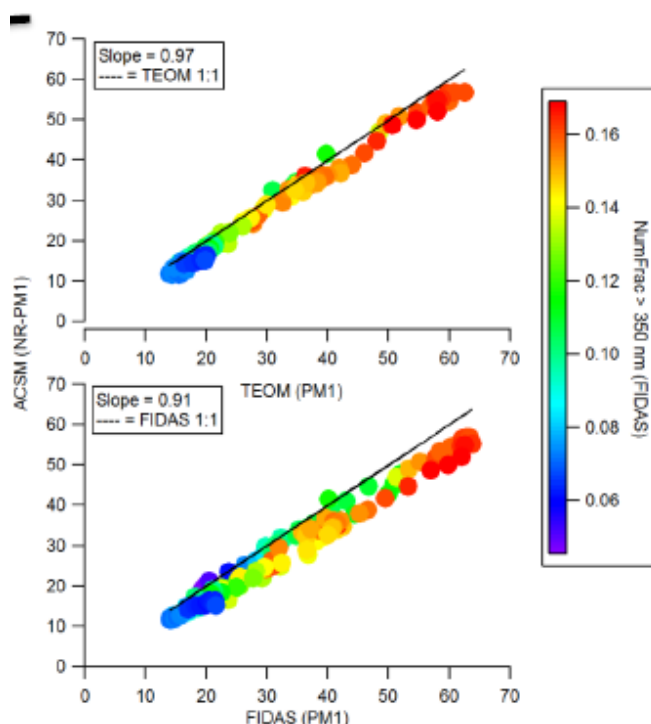


Figure 9 : Corrélation de la somme des concentrations de l'ACSM (NR-PM1) avec les concentrations PM<sub>1</sub> mesurées par FIDAS et TEOM-FDMS.

- **Comparaison avec le PM<sub>2,5</sub>** : Cette pente doit être entre 0,6 et 0,9 dans le cas d'une comparaison avec les PM<sub>2,5</sub>. Ces chiffres sont donnés à titre indicatif puisqu'ils dépendent du rapport réel PM<sub>2,5</sub>/PM<sub>1</sub> qui change en fonction des sites et des saisons.

Si l'ensemble des validations techniques ont été effectuées, et notamment celles de la balance ionique (RIE), la valeur de la pente ne doit pas engager de façon systématique d'invalidation quant à la répartition relative des espèces. En effet, la justesse des concentrations NR-PM1 mesurées par l'ACSM dépendent principalement de deux paramètres, s'appliquant de la même façon aux cinq espèces chimiques, à savoir : l'efficacité d'ionisation IE et l'efficacité de collection CE.

Dit autrement, une sous ou sur-estimation de l'IE ou du CE n'entraîne pas d'invalidation des RIE tant que la balance ionique (cf. 4.5) est atteinte et que la corrélation linéaire (cf. 4.6.2.1) entre les données ACSM et PM sont respectées.

Plusieurs sources d'erreur peuvent entacher les concentrations massiques mesurées par l'ACSM :

- le RIE de la matière organique fixé à 1,4 par l'état de l'art pourrait fluctuer légèrement en fonction des type de sources. En effet, ce RIE n'est, contrairement aux autres, pas étalonné ni validé dans le cadre de la balance ionique et, sa fluctuation aurait un impact direct sur la comparaison entre le « PM\_reconstitué » et le PM<sub>1</sub> (ou PM<sub>2,5</sub>).

- la détermination du CE<sub>dry</sub> peut également être source d'erreur puisque son calcul est basé sur une loi empirique issue de la littérature scientifique. En effet, lorsqu'il y a présence de beaucoup de matière organique issue de la combustion de biomasse, la valeur de CE peut être supérieure à 0,5. Par exemple, celui-ci a été fixé à CE=0,7 dans une étude d'Alfara *et al*, lors d'un épisode de particules issues de la combustion de biomasse.<sup>5</sup> Par ailleurs, lors de l'intercomparaison de 2013, sa valeur minimale avait été fixée à CE=0,5 tandis que le calcul de Middlebrook le fixe à 0,45 soit 10 % de différence ayant un impact essentiellement pendant les épisodes hivernaux.

**Pour ces raisons, le LCSQA recommande de privilégier, pour l'exploitation des données et la communication lors des épisodes de pollution, les contributions des différentes espèces mesurées par ACSM (%Org, %NO<sub>3</sub>, %SO<sub>4</sub>, %NH<sub>4</sub>) et non des concentrations en valeurs absolues.**

---

<sup>5</sup> ALFARRA et Al, Identification of the Mass Spectral Signature of Organic Aerosols from Wood Burning Emissions, Environ. Sci. Technol. 2007, 41, 5770-5777

## 5. EXPORTATION DES DONNEES SUR LES POSTES CENTRAUX

---

### 5.1 Rappel

Le Q-ACSM ne peut pas se connecter directement aux systèmes d'acquisition présents dans les stations. Ainsi, l'intégration des mesures en temps quasi-réel dans les postes centraux nécessite d'être récupérée au préalable sous la forme d'un format texte sur le PC d'acquisition.

Pour cela, une fonction Igor (« Auto\_ACSM\_Export.ipf ») a été installée par le LCSQA sur chaque PC dans le répertoire « Documents\WaveMetrics\Igor Pro 6 User Files\Igor Procedures ». Cette fonction permet pour chaque point de mesure d'écrire les concentrations et les paramètres techniques sous la forme d'un fichier \*.csv sur le PC local.

Ce fichier \*.csv peut ensuite être exporté sur les poste centraux à l'aide, par exemple, d'un serveur ftp.

**Les données écrites dans les fichiers \*.csv sont exactement celles affichées sur le graphique du module de traitement des données sous Igor (ACSM\_Local). Il est donc important que le logiciel de traitement des données (ACSM\_Local), soit correctement configuré en amont de l'export des données (cf chapitre 4).** Ainsi, l'opérateur doit s'assurer lors des vérifications de routine, que les RIE, IE, CE ainsi que les corrections d'AirBeam et de RIT ont bien été configurées puis activées en utilisant l'onglet « *apply corrections* ». En effet, l'ensemble de ces paramètres n'est pas automatiquement configuré au démarrage, il revient donc à l'opérateur de le faire en suivant les instructions du manuel fourni par le distributeur français ainsi que les recommandations du chapitre 4 du présent document.

### 5.2 Codes constituants

Les codes constituant de l'ACSM sont reportés dans les tableaux 4 et 5 :

**Tableau 4 : Liste des codes constituant relatifs à l'ACSM.**

| Code | Libellé                                 | TYPE                     | Symbole         | Unité             |
|------|-----------------------------------------|--------------------------|-----------------|-------------------|
| I1   | Concentration Matière Organique PM1     | polluants particulaires  | Org             | µg/m <sup>3</sup> |
| I2   | Concentration Sulfate PM1               | polluants particulaires  | SO <sub>4</sub> | µg/m <sup>3</sup> |
| I3   | Concentration Nitrates PM1              | polluants particulaires  | NO <sub>3</sub> | µg/m <sup>3</sup> |
| I4   | Concentration Ammonium PM1              | polluants particulaires  | NH <sub>4</sub> | µg/m <sup>3</sup> |
| I5   | Concentration Chlore PM1                | polluants particulaires  | Chl             | µg/m <sup>3</sup> |
| I6   | Efficacité de collection de MiddleBrook | Efficacité de Collection | CE_dry          |                   |
| I7   | Levogluosan ACSM                        | Polluants particulaires  |                 | µg/m <sup>3</sup> |
| I8   | Masse 60 PM1                            | Polluants particulaires  | mz60            | µg/m <sup>3</sup> |
| I9   | Masse 43 PM1                            | Polluants particulaires  | mz43            | µg/m <sup>3</sup> |
| IA   | Masse 44 PM1                            | Polluants particulaires  | mz44            | µg/m <sup>3</sup> |
| IB   | Masse 55 PM1                            | Polluants particulaires  | mz55            | µg/m <sup>3</sup> |
| IC   | Masse 57 PM1                            | Polluants particulaires  | mz57            | µg/m <sup>3</sup> |
| ZD   | Paramètres techniques ACSM              | X                        | x               | X                 |
| 68   | PM1                                     | Polluants particulaires  | PM1             | µg/m <sup>3</sup> |
| 39   | PM2.5                                   | Polluants particulaires  | PM2.5           | µg/m <sup>3</sup> |

**Tableau 5 : Codes constituants des paramètres techniques de l'ACSM**

| Code | Code discriminant | Définition              | unité   |
|------|-------------------|-------------------------|---------|
| ZD   | 1                 | Chamber Temp.           | Degré C |
| ZD   | 2                 | Airbeam (base e-9)      | A       |
| ZD   | 3                 | Inlet P                 | Torr    |
| ZD   | 4                 | Vap. Temp.              | Degré C |
| ZD   | 5                 | Débit sécheur           | m/s     |
| ZD   | 6                 | Humidité entrée         | %       |
| ZD   | 7                 | Humidité sortie         | %       |
| ZD   | 8                 | OM_tot-brut (base e-10) | A       |
| ZD   | 9                 | Masse 60 (base e-12)    | A       |
| ZD   | A                 | Masse43 (base e-12)     | A       |
| ZD   | B                 | Masse44 (base e-12)     | A       |
| ZD   | C                 | Masse55 (base e-12)     | A       |
| ZD   | D                 | Masse57 (base e-12)     | A       |
| ZD   | E                 | NO3/PM1                 | %       |
| ZD   | F                 | Org/PM1                 | %       |

L'ensemble des mesures décrites sur les tableaux 4 et 5 est directement récupérable ou bien calculé à partir des fichiers \*.csv générés et exportés par le PC local de l'ACSM.

Le fichier \*.csv renseigne, entre autres, le signal relatif à certaines masses (m/z) représentatives de différentes familles d'aérosols organiques, en particulier m/z 60, 43, 44, 55 et 57 et 60. Celles-ci sont exprimées en Ampère (A) dans le fichier \*.csv. Il convient de les convertir en µg/m<sup>3</sup> avant de les renseigner dans le poste central. Le calcul est expliqué dans le Tableau 6.

**Tableau 6 : Conversion en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  des valeurs des codes I8, I9, IA ; IB, IC**

|                                                          |                                                                                                              |
|----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| mz 60 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )<br>( & les autres mz) | $\text{mz } 60 \text{ (A)} \times \text{Org} / \text{OM-tot}$<br>$\text{ZD9} \times \text{I11} / \text{ZD8}$ |
|----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Ainsi, une concentration indicative de Levoglucosan peut être estimée à partir de la concentration de la masse (m/z) 60. Il s'agit d'une formule empirique tirée de la littérature, qui pourrait évoluer avec le temps. Le calcul est reporté dans le Tableau 7.

**Tableau 7 : Calcul d'une estimation de la concentration de Lévo-glucosan**

|                                                              |                                                                                                                                                                          |
|--------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Levoglucosan<br>(Aiken et al. 2009<br>Thèse JEP et al, 2012) | $(\text{mz}60 - 0.003 \times \text{Org}) / \text{f60\_levo} / 3,3 =$<br>$(\text{I8} - 0,003 \times \text{I1}) / \text{f60\_levo} / 3,3$<br>Avec $\text{f60\_levo}=0.044$ |
|--------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

### 5.3 Codes Méthodes

Trois nouveaux codes méthodes ont été définis pour les données ACSM. Ils sont listés dans le Tableau 8.

**Tableau 8 : Code méthodes s'appliquant aux mesures ACSM**

| Code méthode | Méthode                      | Définition                                                                                                                        |
|--------------|------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 510          | ACSM_brut                    | Concentration massique ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) mesurée ACSM, non corrigées du CE_dry (méthode de MiddleBrook).               |
| 511          | ACSM_corrige_CEdry           | Concentration massique ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) des espèces mesurées par l'ACSM, corrigées du CE_dry (méthode de MiddleBrook) |
| 512          | PM (ACSM+AE33) corrige_CEdry | PM1 reconstitué : Appliqué au code 68.                                                                                            |

Les codes méthodes 510 et 511 s'appliquent à l'ensemble des codes du Tableau 4. Le code 511 permet de corriger les données ACSM des effets de l'humidité.

En effet, l'ACSM est configuré initialement avec une efficacité de collection (CE) égale à 0,5. Un nouveau CE (noté CE\_dry), prenant en compte les effets de l'humidité sur l'efficacité de collection, est calculé par le module d'exportation Igor « Auto\_ACSM\_Export » et intégré dans les fichiers \*.csv.

Le code méthode 511 consiste donc à corriger la mesure « brute », correspondant à la méthode 510 (i.e. calculé avec CE=0.5) par sa nouvelle valeur (i.e. calculée avec CE\_dry).

Le détail du calcul est exposé dans le Tableau 9 ci-dessous :

**Tableau 9 : codes méthodes 510 et 511**

|                 |    | 510 : ACSM _brut<br>(Discriminant =1) | 511 : ACSM_Corrigé_CEdry<br>(Discriminant = 2) |
|-----------------|----|---------------------------------------|------------------------------------------------|
| Org             | I1 | Valeurs lues                          | Valeurs corrigées du CE Middlebrook (CE_dry)   |
| SO <sup>4</sup> | I2 |                                       |                                                |
| NO <sup>3</sup> | I3 |                                       |                                                |
| NH <sup>4</sup> | I4 |                                       |                                                |
| Chl             | I5 |                                       |                                                |
| CE_dry          | I6 | I11                                   | $I12 = I11 \times 0,5/CE\_dry$                 |
| Levoglucosan    | I7 | ....                                  | .....                                          |
| mz60            | I8 |                                       |                                                |
| mz43            | I9 |                                       |                                                |
| mz44            | IA | IC1                                   | $I22 = I21 \times 0,5/CE\_dry$                 |
| mz55            | IB |                                       |                                                |
| mz57            | IC |                                       |                                                |

*Note : il convient de s'assurer qu'une valeur de CE = 0.5 est bien renseignée dans l'ACSM local (« review batch »).*

Enfin, une nouvelle méthode s'appliquant aux PM<sub>1</sub> a été définie (méthode 512). Il s'agit du « PM<sub>1</sub> reconstitué » à partir des mesures ACSM et AE33. Pour la plupart des stations, le code discriminant est égal à 1, sauf pour ceux disposant déjà d'une mesure PM<sub>1</sub> par une autre méthode. Le calcul de cette mesure est détaillé dans le tableau suivant.

**Tableau 10 : Explication du calcul du PM1 avec la méthode 512.**

| Mesure | Code | 512 : PM corrigé_CE_dry                                                                                                              |
|--------|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| PM1    | 68   | <p>ACSM + <b>AE 33</b></p> <p>OM + NO3 + NH4 + SO4 + Chl + <b>BC</b></p> <p><math>I12 + I22 + I32 + I42 + I52 +</math> <b>G6</b></p> |

## 6. LISTE DES ANNEXES

---

| <b>Annexes</b>  | <b>titres</b>                                                                     |
|-----------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Annexe 1</b> | Correction de l'efficacité de collection (CE) par la procédure de « Middlebrook » |
| <b>Annexe 2</b> | Liste des pannes connues                                                          |

## ANNEXE 1 : CORRECTION DE L'EFFICACITE DE COLLECTION (CE) PAR LA PROCEDURE DE « MIDDLEBROOK »

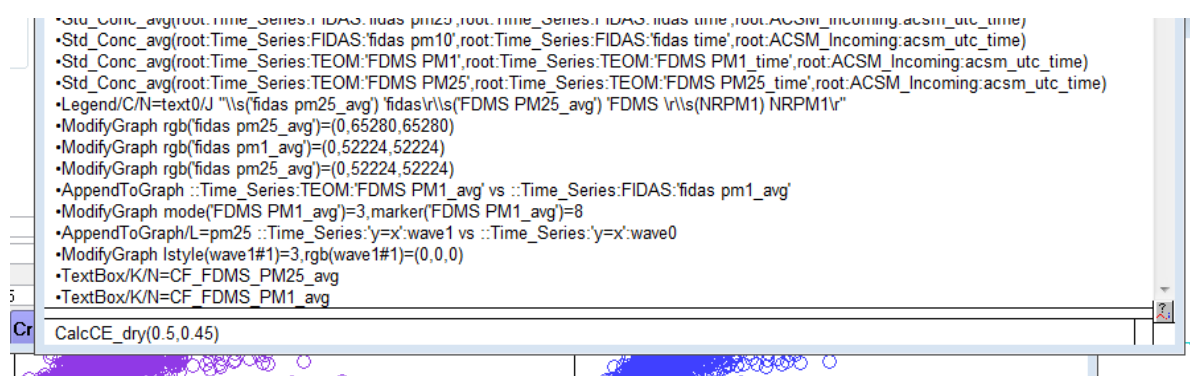
Le calcul de l'efficacité de collection traduit l'efficacité avec laquelle une particule qui a été collectée par le vaporiseur arrive jusqu'au détecteur. Cette efficacité dépend essentiellement l'acidité, la fraction massique de nitrate d'ammonium (ANMF) et l'humidité relative de la ligne de prélèvement. Cette dernière est limitée par l'utilisation d'un sécheur en amont de l'ACSM. Ainsi, Middlebrook et al. <sup>6</sup> ont proposé un algorithme de correction basé sur la contribution du nitrate d'ammonium et sur l'acidité des particules.

$$CE_{corr} = \min(0.45, \max(1, \begin{cases} 0.5 \text{ si } NH_4 < LOD_{NH_4} \\ 1 - 0.73 \cdot \frac{NH_4}{NH_4^{predicted}} \text{ si } \frac{NH_4}{NH_4^{predicted}} < 0.75 \\ 0.0833 + 0.9167 \cdot ANMF \text{ si } \frac{NH_4}{NH_4^{predicted}} \geq 0.75 \end{cases}))$$

Un CE fixé par défaut à 0,5 est celui qui correspond le plus à la réalité. Néanmoins, il convient d'appliquer la procédure ci-dessus en présence de grande concentration de nitrate d'ammonium et d'aérosol acide.

Cette nouvelle valeur du CE, notée CE<sub>dry</sub>, est reportée dans les fichiers exportés \*.csv automatiquement par une fonction Igor « *Auto\_ACSM\_export.ipf* » présent sur le PC de l'ACSM. (Cf chapitre 5.3). Ce dernier est compris dans l'état actuel entre 0,45 et 1.

Il est également possible de calculer le CE<sub>dry</sub> pour chaque point de mesure directement sous Igor en écrivant « *CalcCE\_dry(0.5,0.45)* » dans la fenêtre de commande.



Il est à noter que la valeur de CE peut être égale à 0,7 lorsqu'il y a présence de fortes concentrations de matière organique issue de la combustion de biomasse.<sup>7</sup>

<sup>6</sup> Ann M. Middlebrook et al. (2012) Evaluation of Composition-Dependent Collection Efficiencies for the Aerodyne Aerosol Mass Spectrometer using Field Data, *Aerosol Science and Technology*, 46:3, 258-271.

<sup>7</sup> ALFARRA et Al, **Identification of the Mass Spectral Signature of Organic Aerosols from Wood Burning Emissions**, *Environ. Sci. Technol.* **2007**, 41, 5770-5777

## ANNEXE 2 : LISTE DES PANNES CONNUES

- Compilation des occurrences des pannes des ACSM établie sur la base des retours d'expériences AASQA lors des Groupes Utilisateur ACSM.

Tableau 11 : Compilation des occurrences des pannes des ACSM établie suite au REX des AASQA ci-dessus

| Matériel concerné                                             | Occurrences | Fréquence | AASQA            |
|---------------------------------------------------------------|-------------|-----------|------------------|
| Filament                                                      | 1           | 12 mois   | Atmo Auvergne RA |
|                                                               | 1           | 20 mois   | Atmo GE          |
| Pompe échantillonnage                                         | 1           | 8 mois    | Atmo Auvergne RA |
|                                                               | 1           | 18 mois   | Atmo GE          |
|                                                               | 1           | 26 mois   | Atmo NA          |
| Pompe primaire                                                | 1           | 19 mois   | Atmo GE          |
| Bloc électronique<br>(nécessitant un retour chez<br>Aerodyne) | 1           | 7 mois    | Atmo Auvergne RA |
|                                                               | 1           | 7 mois    | Atmo GE          |

- Préconisation pour limiter le problème récurrent des pertes de connexion entre le PC et le détecteur

Des pertes de connexions entre le PC et le détecteur de l'ACSM ont été observées par l'ensemble des utilisateurs. Ceux-ci se manifestent par le « gèle » des écrans du PC ou bien la perte de la connexion avec le détecteur, parfois accompagné d'un message d'erreur. Ces pertes de connexion sont bénignes mais nécessite une intervention rapide afin de limiter les pertes de données.

Après une perte de connexion entre le PC et le détecteur, il est nécessaire de redémarrer le détecteur, et parfois même de rebooter le PC (lorsque ce dernier est gelé). Pour cela, une procédure de redémarrage du détecteur a été communiquée par ADDAIR et des consignes de redémarrage ont été reportées dans le CR du GU du 03/12/2015. Il est préconisé de bien suivre cette procédure pour éviter l'apparition précoce d'autres problème de connexion. Cette procédure est rappelée ci-dessous :

- ✓ Reboot du détecteur Prisma

- ✓ Eteindre le PC
- ✓ Rallumer le PC
- ✓ Attendre quelques minutes pour que la communication entre le PC et le
- ✓ Prisma se stabilise
- ✓ Allumage du DAQ
- ✓ Relancer l'acquisition

Voici ci-dessous une liste de préconisation semblant avoir un impact limitant des occurrences de ces pertes de connexion :

- Pour les connexions à distance, l'utilisation de TeamViewer est préconisée. Eviter l'utilisation des protocoles réseau de Windows.
- Eviter l'utilisation d'un Hub USB pour pallier au manque de port USB.
- Désinstaller les petits logiciels cherchant à se connecter à internet et par ailleurs inutiles au bon fonctionnement du PC et de l'ACSM.
- Eviter les températures trop élevées (> 25°C) dans la station. Nettoyer les ventilateurs de refroidissement de l'ACSM régulièrement (notamment celui du détecteur « Prisma »).
- Archiver les données brutes (\*.itx) tous les mois dans un répertoire de sauvegarde (souvent nommé « Savedata » placé à la racine du répertoire « scandata »). En effet, une longue série de données peut mobiliser la RAM du PC et ainsi favoriser les plantages.



**direction et secrétariat du LCSQA**

INERIS - parc technologique Alata - BP 2 - F60550 Verneuil-en-Halatte  
tél. 03 44 55 64 04 - [www.lcsqa.org](http://www.lcsqa.org)