

# MÉTHODE DE RÉFÉRENCE

POUR L'ÉCHANTILLONNAGE DES PARTICULES  
ET DE FLUORURES TOTAUX  
AUX ÉVÉNEMENTS DE TOITS  
DES SALLES DE CUVES  
DES ALUMINERIES AU QUÉBEC

NOVEMBRE 2015

Association  
de l'aluminium  
du Canada





## TABLE DES MATIÈRES

1. OBJET ET DOMAINE D'APPLICATION.....	4
2. PRINCIPE GÉNÉRAL .....	4
3. LIMITES.....	6
4. EMBLACEMENT DES CASSETTES, DES CAPTEURS DE TEMPÉRATURE ET DES ANÉMOMÈTRES POUR LA SECTION ÉCHANTILLONNÉE.....	6
5. MÉTHODOLOGIE.....	7
5.1. <i>Matériel</i> .....	7
5.1.1. Système d'échantillonnage .....	7
5.1.2. Cassettes d'échantillonnage .....	7
5.1.3. Autre matériel.....	7
5.1.4. Solution d'imprégnation .....	8
5.2. <i>Échantillonnage</i> .....	8
5.2.1. Préparation et montage des cassettes .....	8
5.2.1.1. Imprégnation des supports de cellulose.....	8
5.2.1.2. Montage des cassettes .....	8
5.2.2. Période d'échantillonnage.....	9
5.2.3. Détermination du débit d'échantillonnage initial .....	9
5.2.4. Installation et cueillette des cassettes .....	9
5.2.5. Récupération des échantillons.....	10
5.2.6. Demandes d'analyse .....	10
6. CALCULS.....	11
6.1. <i>Données requises pour le calcul des émissions</i> .....	11
6.2. <i>Critères pour accepter un échantillon dans le calcul des émissions</i> .....	12
6.3. <i>Concentration de Fluorures <math>F_p</math>, <math>F_g</math>, <math>F_t</math> et particules en <math>mg/m^3</math></i> .....	12
6.4. <i>Débit d'évacuation des événements de toiture</i> .....	12
6.5. <i>Calcul des émissions de <math>F_p</math>, <math>F_g</math>, <math>F_t</math> et particules en <math>kg/t Al</math></i> .....	12
7. CONTRÔLE DE QUALITÉ .....	13



<b>ANNEXES</b> .....	<b>14</b>
ANNEXE I .....	15
Détermination du diamètre de la buse .....	15
ANNEXE II .....	16
Exemple d'un dessin d'une buse.....	16
ANNEXE III .....	17
Préparation d'une solution de formiate de sodium.....	17
ANNEXE IV.....	18
Préparation d'une solution de carbonate de sodium 10 %.....	18
ANNEXE V.....	19
Schéma de montage d'une cassette avec et sans filtre imprégné 5 µm.....	19
ANNEXE VI.....	21
Réglage du débit d'échantillonnage et vitesse d'évacuation aux événements de toits .....	21
ANNEXE VII.....	23
Exemple de calcul du débit d'échantillonnage à la buse .....	23
ANNEXE VIII .....	24
Méthode de calcul de la surface de l'évent.....	24
ANNEXE IX.....	25
Exemple de « Feuille de calcul des émissions » .....	25
ANNEXE X.....	26
Vérification de l'étalonnage des débitmètres de masse ou autre appareil de mesure de débit.....	26
ANNEXE XI.....	27
Exemple de « Feuille de calibration du débitmètre de masse ».....	27
ANNEXE XII.....	28
Détermination du facteur de correction pour la Vitesse moyenne de l'air aux événements des salles de cuves d'électrolyse .....	28

Note au lecteur : Les renseignements relatifs aux marques déposées ou aux produits commerciaux ne sont donnés qu'à titre indicatif; des produits équivalents peuvent leur être substitués.



## 1. OBJET ET DOMAINE D'APPLICATION

La présente méthode est applicable pour mesurer par cassettes les émissions à l'atmosphère des particules et des fluorures totaux dans les événements de toiture des salles d'électrolyse d'aluminium.

Elle constitue la méthode de référence de l'Association de l'Aluminium du Canada et est inspirée de la méthode Alcan 3010-98. Il est à noter que le principe d'échantillonnage de la méthode US EPA\* 14 A dérive directement de cette dernière.

## 2. PRINCIPE GÉNÉRAL

Les particules et les fluorures totaux (particulaires et gazeux) sont extraits du courant d'air ascendant d'une salle d'électrolyse à l'aide de supports et de filtres contenus dans des portes filtres (cassettes) placés à intervalles réguliers à l'intérieur des événements de toiture échantillonnés et dans des endroits assurant la représentativité de l'échantillonnage.

Les cassettes sont branchées par un système de conduites d'échantillonnage à un dispositif d'aspiration permettant l'extraction d'un volume d'air connu (figures 1 et 2). Les cassettes ont un arrangement spécifique composé d'un filtre et d'un support de cellulose dans la première partie pour capter les particules (fluorures particulaires et autres particules) ainsi qu'une deuxième partie servant à capter les fluorures gazeux. Celle-ci est composée de supports de cellulose imprégnés d'une solution basique permettant l'absorption chimique des fluorures gazeux. Durant la période estivale, une seconde section de cassettes est ajoutée pour mesurer les fluorures gazeux (filtre et support imprégnés).

L'analyse des filtres et support permet d'obtenir la concentration de ces deux contaminants ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ).

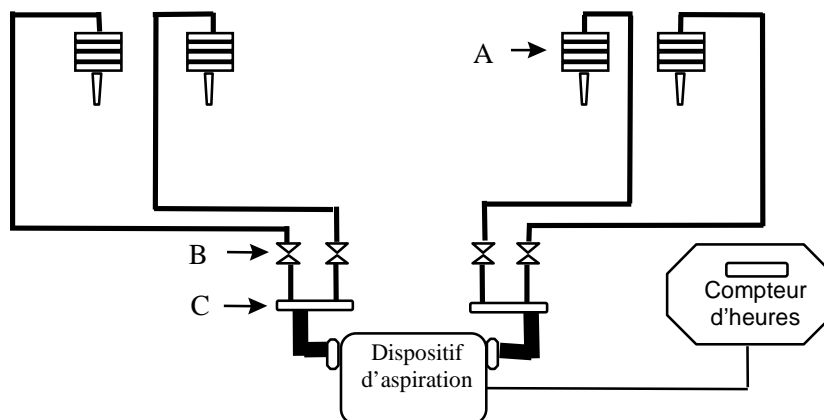
Les vitesses d'évacuation de l'air par les événements sont mesurées en continu à l'aide d'anémomètres ( $\text{m}/\text{s}$ ) et de capteurs de température. Les dimensions de la surface ouverte de l'événement combinée à la mesure des vitesses d'évacuation produisent un débit d'évacuation ( $\text{m}^3/\text{jour}$ ).

Une production d'aluminium représentative de la section échantillonnée pour la salle d'électrolyse permet de calculer les taux d'émission de ces contaminants en  $\text{kg}/\text{tonne}$  métrique d'aluminium produit.

Au Québec, l'analyse des fluorures totaux et des particules doit être effectuée par un laboratoire accrédité en vertu de la Loi sur la qualité de l'Environnement pour les domaines applicables.

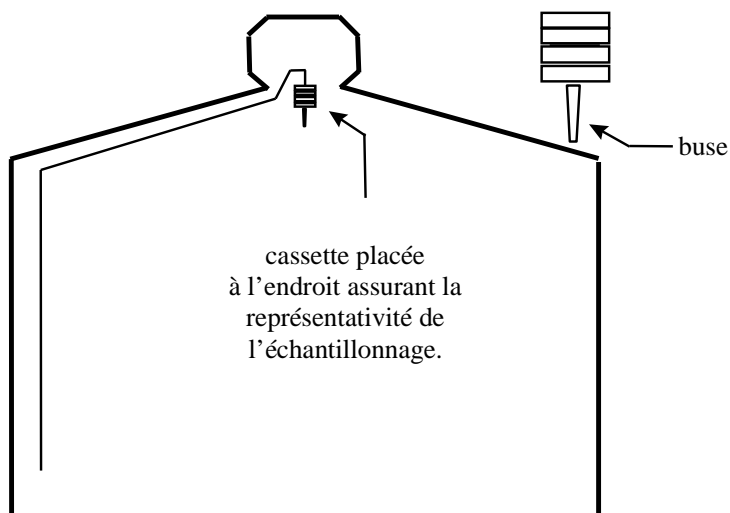
\* Method 14A- Determination of Total Fluoride Emissions from selected Sources at Primary Aluminium Production Facilities

**Figure 1**  
**Arrangement type des cassettes**



- A- Cassettes
- B- Valves micrométriques
- C- Collecteur (manifold) si requis

**Figure 2**  
**Emplacement type des cassettes dans l'évent de toit**



### 3. LIMITES

Les résultats générés par cette méthode peuvent être limités par les conditions suivantes :

- un nombre insuffisant ou une répartition inégale des cassettes
- des fuites dans le système d'échantillonnage
- des données imprécises générées par les anémomètres et/ou les lecteurs de température

Ces conditions sont évitées en effectuant différentes mesures de contrôle de la qualité (voir section 7) et par l'installation d'un nombre adéquat de cassettes réparties également.

### 4. EMPLACEMENT DES CASSETTES, DES CAPTEURS DE TEMPÉRATURE ET DES ANÉMOMÈTRES POUR LA SECTION ÉCHANTILLONNÉE

- Les dispositifs d'échantillonnage sont installés dans chaque série de cuves et ceux-ci sont positionnés à intervalles réguliers pour couvrir une section représentative des événements de la série selon la configuration spécifique des usines et de leur opération à la satisfaction des autorités compétentes.
- La mesure de la vitesse d'évacuation doit se faire à l'aide d'anémomètres et de capteurs de température. Les anémomètres et capteurs de température doivent effectuer au minimum une lecture à la minute.
- Pour le positionnement des dispositifs d'échantillonnage et des anémomètres, les situations suivantes sont possibles :
  - » Au point de vitesse moyenne. Le point de vitesse moyenne est déterminé suite à la réalisation d'un profil de vitesse transversal.
  - » Au centre de l'événement et application d'un facteur de correction. Le facteur de correction est déterminé suite à la réalisation d'un profil de vitesse transversal. L'annexe XII comporte les principaux éléments explicatifs à la détermination de ce facteur de correction.
  - » Par défaut, au centre de l'événement.
- De plus, les anémomètres et capteurs de température doivent être localisés à la même élévation et près des cassettes correspondantes.

## 5. MÉTHODOLOGIE

### 5.1. Matériel

#### 5.1.1. Système d'échantillonnage

- Dispositif d'aspiration
- Conduits résistants aux intempéries et aux contaminants
- Collecteur (manifold) si requis
- Équipement de contrôle du débit
- Compteur d'heures
- Anémomètres
- Thermocouples ou autres capteurs de température

#### 5.1.2. Cassettes d'échantillonnage

- Cassettes en polystyrène, diamètre : 37 mm
- Filtre copolymère en acrylique Porosité : 0,8  $\mu\text{m}$ , diamètre : 37 mm
- Filtre copolymère en acrylique Porosité : 5  $\mu\text{m}$ , diamètre : 37 mm (facultatif)
- Support en ester de cellulose, diamètre : 37 mm
- Solution d'imprégnation (voir section 5.1.4)
- Buse en aluminium et de diamètre déterminé selon la vitesse des gaz sortant des événements (référence : annexes I et II)
- Adaptateurs pour tubes
- Bandes scellantes

#### 5.1.3. Autre matériel

- Balance analytique (0.1 mg)
- Appareil mesurant le débit
- Manomètres
- Étuve
- Dessiccateur
- Plateau d'aluminium
- Vernier, précision  $\pm 0,02$  mm
- Presse-cassette ou maillet de caoutchouc
- Vase de Pétri

#### 5.1.4. Solution d'imprégnation

La solution d'imprégnation est choisie en fonction de la méthode d'analyse utilisée soit :

- La solution de formiate de sodium 10 ou 15 % p/p  
Pour les salles d'électrolyse où les concentrations de fluorures gazeux sont plus élevées que  $6 \text{ mg/m}^3$ , il est recommandé d'utiliser une solution de formiate de sodium de 15 %.
- La solution de carbonate de sodium 10 % p/p

Le délai de conservation de la solution est de 6 mois, ceci dans le but de réduire la possibilité de contamination induite par de nombreuses manipulations.

Les annexes III et IV détaillent les calculs pour obtenir la solution de formiate et de carbonate de sodium.

## 5.2. Échantillonnage

### 5.2.1. Préparation et montage des cassettes

#### 5.2.1.1. Imprégnation des supports de cellulose

1. Saturer les supports (et filtres  $5 \mu\text{m}$  facultatif) avec la solution d'imprégnation choisie.
2. Déposer chacun des supports (et filtres  $5 \mu\text{m}$  facultatif) ainsi imprégnés sur un plateau propre.
3. Mettre à l'étuve à température de  $60^\circ\text{C}$  environ 2 heures.
4. Retirer les supports (et filtres  $5 \mu\text{m}$  facultatif) de l'étuve et les placer dans un contenant hermétique identifié.

#### 5.2.1.2. Montage des cassettes

La cassette est composée d'un couvercle, d'une ou deux sections centrales et d'une base (voir dessin, annexe V pour l'arrangement des composantes).

##### Étapes de montage :

1. Placer les filtres  $0.8 \mu\text{m}$  au dessiccateur pendant un minimum de 16 heures.
2. Déposer un support de cellulose non imprégné à l'intérieur de la section 1.
3. Procéder à la pesée des filtres  $0.8 \mu\text{m}$  et les insérer sur le support non imprégné de la section 1.
4. Déposer le support de cellulose imprégné de la solution basique sur la base.  
Une deuxième section pour captation des fluorures gazeux avec un support de cellulose imprégné peut être utilisée. Si un filtre imprégné  $5 \mu\text{m}$  est utilisé, celui-ci est déposé sur le support imprégné.
5. Assemblage des cassettes :
  - a. Les cassettes sont fermées de façon étanche en les frappant légèrement avec un maillet de caoutchouc ou en utilisant un presse-cassettes.
  - b. L'étanchéité est assurée en apposant une bande scellante.
  - c. Un test de fuite doit être effectué.



**Note** : Durant la période estivale, une seconde section de cassettes est ajoutée pour mesurer les fluorures gazeux. Ceci permet de vérifier que la première section n'est pas saturée en fluorure gazeux et qu'elle capte celui-ci contenu dans le gaz aspiré par la cassette (voir annexe V, pour l'arrangement des composantes). Les résultats de la première section sont considérés acceptables si moins de 15 % de fluorures gazeux se retrouvent sur la deuxième section. Dans le cas contraire, une deuxième section devra être ajoutée dans ces conditions d'échantillonnage

Une cassette supplémentaire est assemblée aux fins de blanc de terrain et doit contenir autant de filtres et de supports que les cassettes utilisées pour l'échantillonnage.

### 5.2.2. Période d'échantillonnage

Au Québec, l'échantillonnage se fait de façon continue. Les résultats mensuels sont constitués d'une à cinq périodes d'échantillonnage.

### 5.2.3. Détermination du débit d'échantillonnage initial

Le débit d'échantillonnage est établi dans le but de respecter le plus possible l'échantillonnage isocinétique pour les émissions de particules. Il peut varier d'une série de cuves à l'autre dépendant de la vitesse moyenne des gaz mesurée aux événements et du diamètre de la buse utilisée.

Le débit d'échantillonnage initial est déterminé en effectuant la moyenne des vitesses de la période d'échantillonnage précédente (voir annexe VI). Cette vitesse est utilisée pour déterminer le débit d'échantillonnage. Le but est d'avoir une vitesse d'échantillonnage à la buse équivalente à la vitesse d'évacuation des gaz (isocinétisme). Le détail des calculs est présenté à l'annexe VII.

### 5.2.4. Installation et cueillette des cassettes

1. Au moyen de l'appareil mesurant le débit, noter le débit final des cassettes qui seront recueillies. Ceci termine la période d'échantillonnage précédente.
2. Récupérer les cassettes et installer les nouvelles cassettes. Mettre des bouchons sur les cassettes recueillies dès leur retrait afin d'éviter toute contamination ultérieure.
3. Ajuster les débits initiaux des nouvelles cassettes déterminés précédemment à l'aide d'un contrôleur de débit.
4. Noter l'heure (nombre d'heures d'échantillonnage).

Ces cassettes resteront en place pour la période d'échantillonnage déterminée.

Si l'échantillonnage mensuel se fait sur une seule période, une vérification des débits d'échantillonnage doit se faire en milieu de période.

Les cassettes recueillies ainsi que le blanc de terrain sont transportés avec soin du site d'échantillonnage au laboratoire, afin de réduire au minimum les gains ou les pertes de poussières.

**Note** : Un blanc de terrain par période d'échantillonnage (pour l'usine) doit suivre toutes les étapes de montage et d'échantillonnage tel que les cassettes utilisées pour l'échantillonnage. Le blanc de terrain est envoyé au laboratoire pour l'analyse.

### 5.2.5. Récupération des échantillons

1. Enlever les bandes scellantes et séparer les sections.
2. Les filtres à particules sont placés au dessiccateur pour 16 heures, sont pesés et sont placés dans un contenant hermétique.
3. Le ou les supports imprégnés (et filtres 5  $\mu\text{m}$  facultatif) sont placés dans un contenant hermétique.

Le ou les supports imprégnés et les filtres sont expédiés au laboratoire (interne ou externe à l'usine) pour analyse.

**Note :** Les échantillons peuvent être regroupés par section de salle de cuves aux fins d'analyse.

### 5.2.6. Demandes d'analyse

L'envoi au laboratoire d'analyse comprendra les éléments suivants :

Pour les fluorures particulaires et les particules:

- filtres à particules 0,8  $\mu\text{m}$  (non imprégnés)
- blancs de terrain correspondants

Pour les fluorures gazeux :

- supports de cellulose imprégnés (et filtres 5  $\mu\text{m}$  facultatif)
- blancs de terrain correspondants

L'usine devra s'assurer d'atteindre les limites de détection de la méthode d'analyse sans dépasser la limite d'absorption des cassettes.

En vertu de la législation lorsque applicable, l'analyse des échantillons doit être faite par un laboratoire accrédité.

## 6. CALCULS

La concentration de contaminant est obtenue en divisant la somme des poids de contaminant mesurée par la somme des volumes échantillonnés pendant la durée de la période d'échantillonnage.

Le calcul des émissions de particules et de fluorures totaux pour une série de cuves se fait en fonction d'une production d'aluminium représentative de la section échantillonnée de cette série de cuves.

Les taux d'émission de particules et de fluorures totaux (kg/t Al) sont calculés en divisant la charge d'émission (kg/j) par la production d'aluminium représentative (tonnes/j) de la section échantillonnée de la série de cuves.

### 6.1. Données requises pour le calcul des émissions

#### Données mesurées

- $v_i$  : Vitesse d'évacuation de l'air par les événements (m/s)
- $S$  : surface ouverte de l'événement ( $m^2$ )
- $D_i$  : Débit initial (cc/min.)
- $D_f$  : Débit final (cc/min.)
- $H$  : Nombre d'heures d'échantillonnage (heures)
- $P_p$  : Poids de particules (mg)
- $P_{fp}$  : Poids de fluorures particulaires (mg)
- $P_{fg}$  : Poids de fluorures gazeux (mg)
- $P$  : production d'aluminium représentative de la section de la série échantillonnée pour la durée de la période d'échantillonnage (tonnes métriques/jour)
- $T$  actuelle : Température de l'air dans les événements ( $^{\circ}K$ )

#### Données calculées

- $D_{éch}$  : Débit d'échantillonnage pour chaque cassette (cc/min)

$$D_{éch} \left( \frac{cc}{min} \right) = \frac{D_i + D_f}{2}$$

- $V_o$  : Volume total échantillonné ( $Rm^3$ )

$$V_o (m^3) = D_{éch} \left( \frac{cc}{min} \right) \times H (heure) \times 60 \left( \frac{min}{heure} \right) \times 10^{-6} \left( \frac{m^3}{cc} \right)$$

**Note** : Il est important de vérifier et d'ajuster les facteurs de conversions en fonction des unités de mesure de chaque usine.

Il n'y a pas de correction de température appliquée sur le volume échantillonné lorsque les mesures de débits sont effectuées avec un débitmètre de masse. Dans le cas où un établissement utilise un autre type d'appareil mesurant le débit, une correction de température pourrait être nécessaire pour établir les lectures à la température de référence.

Lorsque les cassettes ont été regroupées par section de salles de cuves, le volume total échantillonné est la somme des volumes échantillonnés à chacune des stations pour l'ensemble des cassettes de la section ayant fait l'objet du regroupement.

## 6.2. Critères pour accepter un échantillon dans le calcul des émissions

Le débit final ne doit pas s'éloigner de  $\pm 20\%$  du débit initial. Si c'est le cas, cet échantillon est rejeté et les volumes d'échantillonnage associés à cet échantillon ne doivent pas être considérés dans les calculs.

## 6.3. Concentration de Fluorures $F_p$ , $F_g$ , $F_t$ et particules en $mg/m^3$

$$Conc. \left( \frac{mg}{Rm^3} \right) = \frac{\sum \text{poids} (P_p, P_{fp} \text{ ou } P_{fg}) (mg)}{\sum V_o (Rm^3)}$$

## 6.4. Débit d'évacuation des événements de toiture

La mesure du débit d'évacuation s'effectue en multipliant la vitesse d'évacuation moyenne par série de cuve par période d'échantillonnage, par la surface ouverte totale des événements de la série de cuves.

$$D_{\text{éva}} \left( \frac{Rm^3}{min} \right) = \frac{\left( v_i \left( \frac{m}{s} \right) \times 60 \left( \frac{s}{min} \right) \times S^{**} (m^2) \times T \text{ référence } (^{\circ}K) \right)}{T \text{ actuelle } (^{\circ}K)}$$

où  $v_i$  = vitesse moyenne mesurée (moyenne des anémomètres de la section échantillonnée)

- R = conditions de référence
- T référence = 298°K
- Aucune correction n'est effectuée en ce qui concerne les conditions de pression qui sont considérées normales (pression atmosphérique ~ 1 atmosphère).

\*\* À la surface totale, on pourra soustraire les obstacles majeurs comme les poutres de support du toit, les conduits de ventilation, etc. s'ils sont situés au même niveau que celui où sont prises les mesures par anémomètres (voir annexe VIII).

## 6.5. Calcul des émissions de $F_p$ , $F_g$ , $F_t$ et particules en $kg/t$ Al

$$E \left( \frac{kg}{tAl} \right) = \frac{Conc \left( \frac{mg}{Rm^3} \right) \times 10^{-6} \left( \frac{kg}{mg} \right) \times D_{\text{éva}} \left( \frac{Rm^3}{min} \right) \times 1440 \left( \frac{min}{j} \right)}{P \left( \frac{tAl}{j} \right)}$$

où :

P = production d'aluminium représentative pour la section de la série échantillonnée et pour la durée de la période d'échantillonnage (tonnes Al/j)

E = émissions pour la période d'échantillonnage

Voir l'annexe IX pour voir un exemple d'une feuille de calculs.



---

## 7. CONTRÔLE DE QUALITÉ

---

Afin d'assurer la justesse du système d'échantillonnage et de minimiser les pertes et les rejets d'échantillons, un programme d'entretien préventif et d'étalonnage doit être suivi au minimum sur une base annuelle et selon les recommandations du fabricant. Le programme devrait inclure les éléments suivants :

- Étalonner les balances utilisées à fréquence définie par le laboratoire.
- Vérifier les lectures d'anémomètres et de thermocouples permanents installés aux salles de cuves.
- Vérifier les fuites sur les lignes d'échantillonnage.
- Vérifier le diamètre interne des buses utilisées avec un vernier.
- Vérifier l'étalonnage de l'appareil de mesure de débit dans la gamme de débits utilisée tel que décrit dans l'annexe X.

D'autres mesures de contrôle de qualité sont aussi à mettre en pratique :

- Le débit final de l'échantillonnage ne doit pas s'éloigner de  $\pm 20$  % du débit initial. Si c'est le cas, cet échantillon est rejeté.
- Pour chaque période d'échantillonnage, analyser le blanc de terrain afin de démontrer qu'il n'y a pas de contamination lors des manipulations des échantillons.
- Des essais de détection de fuites dans le système d'échantillonnage sont réalisés au moins une fois par année.
- Une calibration des anémomètres se fait une fois par année; les équipements sont changés lorsque nécessaires.
- Une fois par année, soit durant la période estivale, on ajoute une seconde section de cassettes pour mesurer les fluorures gazeux. Ceci permet de vérifier que la première section n'est pas saturée en fluorure gazeux et qu'elle capte celui contenu dans le gaz aspiré par la cassette (voir annexe V, pour l'arrangement des composantes). Les résultats de la première section sont considérés acceptables si moins de 15 % de fluorures gazeux se retrouvent sur la deuxième section. Dans le cas contraire, une deuxième section devra être ajoutée dans ces conditions d'échantillonnage.



---

# ANNEXES

## ANNEXE I

### Détermination du diamètre de la buse

Le diamètre de l'orifice des buses employées varie selon la gamme de vitesse d'évacuation des gaz propre à chaque usine ou aux variations associées à l'ouverture originale d'entrée des cassettes. Les débits d'échantillonnages devraient être sous les 2000 cc/min (2 L/min) en tout temps dans le but de permettre un temps de contact suffisant pour capter les fluorures gazeux. Le débit d'échantillonnage visé sera fonction de la durée de l'échantillonnage. L'usine devra s'assurer d'atteindre les limites de détection de la méthode d'analyse sans dépasser la limite d'absorption des cassettes. L'objectif est d'obtenir un diamètre de buse commun à toutes les stations d'échantillonnage de la série de cuves pour toutes les plages de températures et de vitesses observées.

Afin de déterminer le diamètre de buse adéquat, le débit d'échantillonnage désiré ainsi que la vitesse d'évacuation moyenne des gaz donnés par les anémomètres doivent être considérés.

**Voici un exemple de calcul de diamètre de buse pour un débit de 0.65 L/min avec une vitesse de 1 m/s :**

$$\text{Surface de la buse (mm}^2\text{)} = \frac{\text{Débit} \left( \frac{\text{L}}{\text{min}} \right)}{\text{Vitesse} \left( \frac{\text{m}}{\text{s}} \right)} \times \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}} \times \frac{1 \text{ minute}}{60 \text{ secondes}} \times \frac{10^6 \text{ mm}^2}{\text{m}^2}$$

$$\text{Surface de la buse} = \frac{0,65}{1} \times \frac{1}{1000} \times \frac{1}{60} \times 10^6$$

$$\text{Surface de la buse} = 10.8333 \text{ mm}^2$$

$$\text{Diamètre intérieur de la buse (mm)} = d = \sqrt{\left( \frac{4S}{\pi} \right)}$$

$$\pi = 3.1416$$

$$d = 3.7 \text{ mm}$$

***d* : diamètre de la buse**

***S* : surface de la buse en mm<sup>2</sup>**

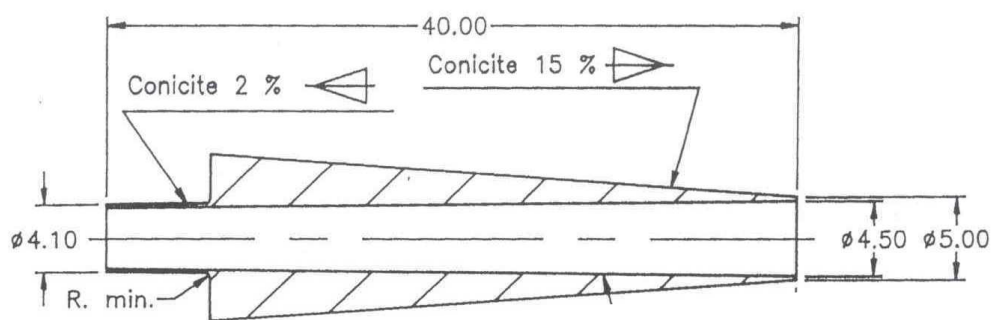
Si le débit d'échantillonnage augmente et la vitesse demeure la même, le diamètre de buse doit être augmenté.

Si la vitesse diminue et le débit d'échantillonnage demeure le même, le diamètre de buse doit être augmenté.

Lorsque le diamètre de buse est choisi, le calcul du débit d'échantillonnage peut être effectué à l'aide de l'annexe VI.

## ANNEXE II

### Exemple d'un dessin d'une buse



Buse – ALUMINIUM 6061-T6



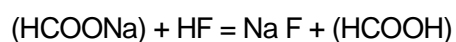


## ANNEXE III

### Préparation d'une solution de formiate de sodium

#### 1. Stœchiométrie de la réaction

Réaction du HF avec la solution de formiate de sodium



Formiate de sodium + Fluorure d'hydrogène = Fluorure de sodium + Acide formique

#### 2. Données préliminaires

- Concentration du formiate de sodium utilisée : 99.5 % pur
- Concentration de l'alcool éthylique utilisée : 99 % pur
- Densité de l'eau à 20°C : 0.998 g/cc
- Densité de l'alcool éthylique à 20°C et 99 % pureté : 0.792 g/cc

#### 3. Recette de la solution à 10%

1. Peser 107 grammes de formiate de sodium
2. Diluer 500 cc H<sub>2</sub>O à 20°C
3. Ajouter 500 cc éthanol à 20°C

#### 4. Recette de la solution à 15 %

1. Peser 160 grammes de formiate de sodium,
2. Diluer 500 cc H<sub>2</sub>O à 20°C
3. Ajouter 500 cc éthanol à 20°C

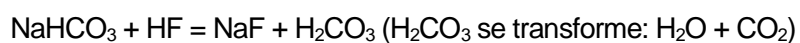
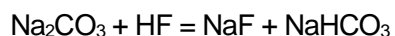


## ANNEXE IV

### Préparation d'une solution de carbonate de sodium 10 %

#### 1. Stœchiométrie de la réaction

Réaction du HF avec la solution de carbonate de sodium 10 %



#### 2. Recette de la solution

1. Peser 10 grammes de carbonate de sodium.
2. Diluer dans 100 ml d'eau ultra pure.
3. Soumettre aux ultrasons pour favoriser la solubilisation.

#### OU

1. Peser 10 grammes de carbonate de sodium.
2. Diluer dans 50 ml d'eau ultra pure et 50ml d'éthanol.
3. Soumettre aux ultrasons pour favoriser la solubilisation.

La deuxième recette peut être utilisée lorsque nous voulons accélérer le processus d'évaporation.

## ANNEXE V

### Schéma de montage d'une cassette avec et sans filtre imprégné 5 µm

Figure 1 : Cassette sans filtre imprégné

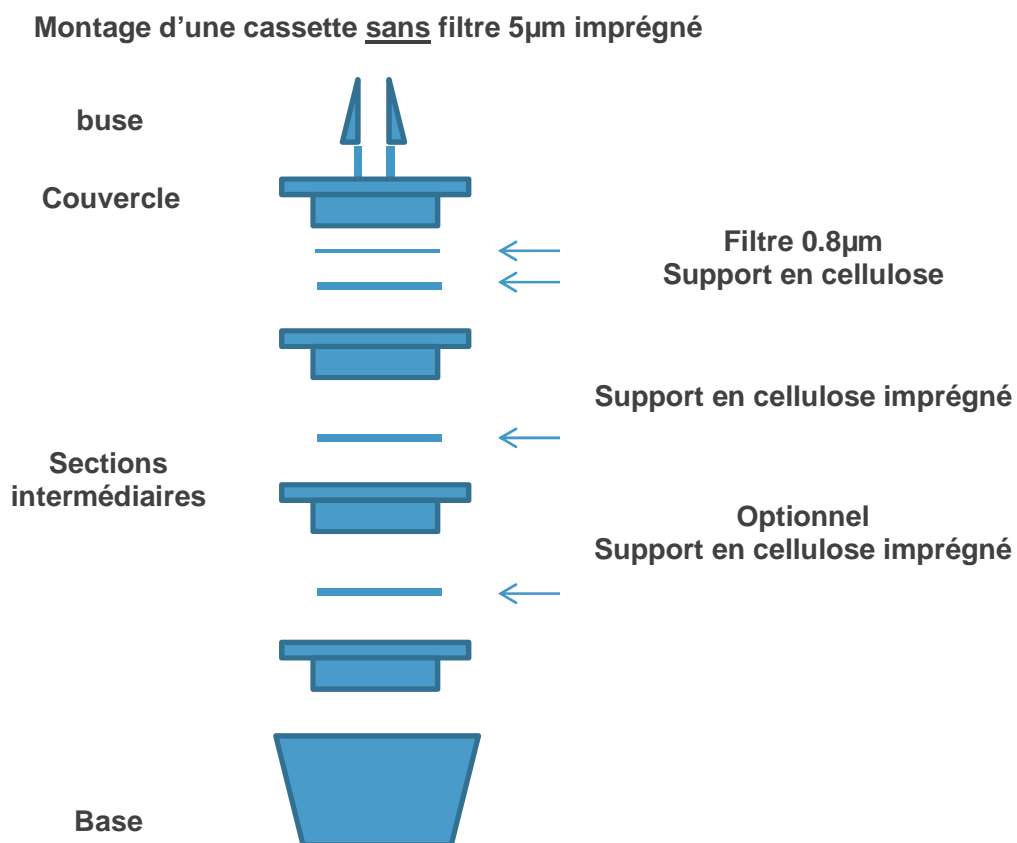
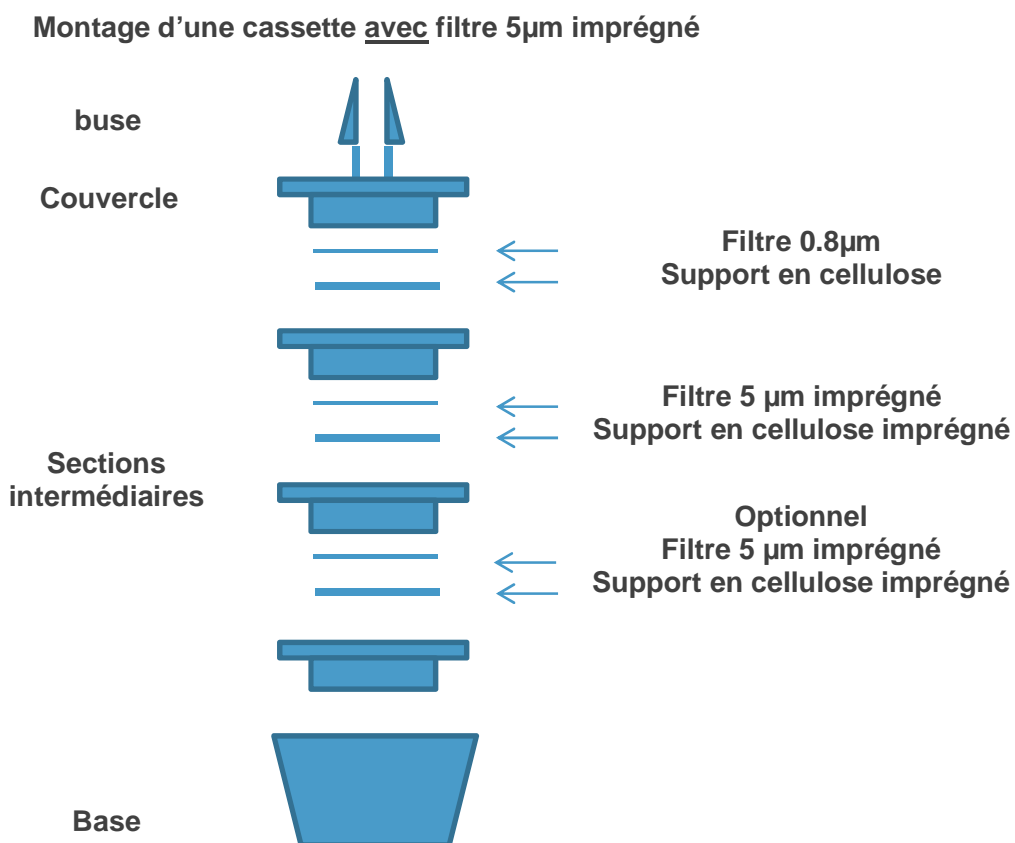


Figure 2 : Cassette avec filtre imprégné



## ANNEXE VI

### Réglage du débit d'échantillonnage et vitesse d'évacuation aux événements de toits

#### 1. Contexte

De façon générale, la mesure de particules dans un effluent gazeux nécessite d'effectuer l'échantillonnage de façon isocinétique; c'est-à-dire à la même vitesse que celle du courant gazeux ascendant. Le débit d'échantillonnage approprié pour la période en cours est basé sur la vitesse moyenne d'évacuation de la période précédant l'échantillonnage.

Considérant que les débits d'évacuation varient significativement en fonction des saisons estivales ou hivernales, il est possible d'ajuster le débit d'échantillonnage pour qu'il soit isocinétique deux fois par année au minimum. Les moyennes des débits d'évacuations en hiver et en été des 3 années précédentes sont utilisées pour ce calcul. L'application du débit d'hiver ou d'été se fait lors de la fermeture ou de l'ouverture des « louvres ».

En plus de cet ajustement en fonction des saisons, le débit d'échantillonnage doit être ajusté à chaque période d'échantillonnage à partir de la moyenne des vitesses de la période d'échantillonnage précédente (voir annexe VII).

#### 1.1 Vitesse moyenne d'évacuation à l'événement d'une salle de cuves

Cette donnée correspond à la moyenne des vitesses d'évacuation des gaz mesurés par l'ensemble des anémomètres installés dans une salle de cuves.

##### Exemple :

- Période d'échantillonnage en cours : 15 au 31 décembre
- Date du début de l'échantillonnage : 15 décembre
- Vitesse moyenne d'évacuation (moyenne des anémomètres) de la période précédente : 1<sup>er</sup> au 15 décembre : 2.00 m/sec.

C'est donc cette vitesse qu'il faudra considérer dans le calcul et le réglage du débit d'échantillonnage initial de la période en cours.



## 1.2 Calcul du débit d'échantillonnage

Débit = Vitesse X Surface où

Débit : Débit d'échantillonnage (L/min.)

Vitesse : Vitesse d'échantillonnage désirée à la buse et correspondant à celle mesurée à l'évent (m/sec.)

Surface : Surface critique de l'orifice de la buse\*(mm<sup>2</sup>)

$$Surface (mm^2) = \pi \left( \frac{D^2}{4} \right)$$

où  $D$  = diamètre de l'orifice (mm)

\*Le diamètre de l'orifice des buses employées varie selon les usines afin de se retrouver dans la gamme de vitesse d'évacuation des gaz qui est propre à chaque usine et/ou aux variations associées à l'ouverture originale d'entrée des cassettes. Les débits d'échantillonnages devraient être sous les 2000 cc/min. en tout temps dans le but de permettre un temps de contact suffisant pour capter les fluorures gazeux.

Voir annexe VII pour un exemple de calcul.



## ANNEXE VII

### Exemple de calcul du débit d'échantillonnage à la buse

- $v$  : Vitesse moyenne d'évacuation à l'évent de la période précédant l'échantillonnage : 2.00 m/sec.
- $D$  : Diamètre intérieur de la buse employée : 3,7 mm

$$\text{Débit} \left( \frac{\text{cc}}{\text{min}} \right) = v \times \pi \frac{D^2}{4} \times \frac{60s}{\text{min}} \times \left( \frac{1 \text{ m}^2}{10^6 \text{ mm}^2} \right) \times \frac{10^6 \text{ cc}}{\text{m}^3}$$

$$\text{Débit} = 2 \times \pi \frac{(3,7)^2}{4} \times 60 \times \frac{1}{10^6} \times 10^6 = 1290 \frac{\text{cc}}{\text{min}}$$

## ANNEXE VIII

### Méthode de calcul de la surface de l'évent

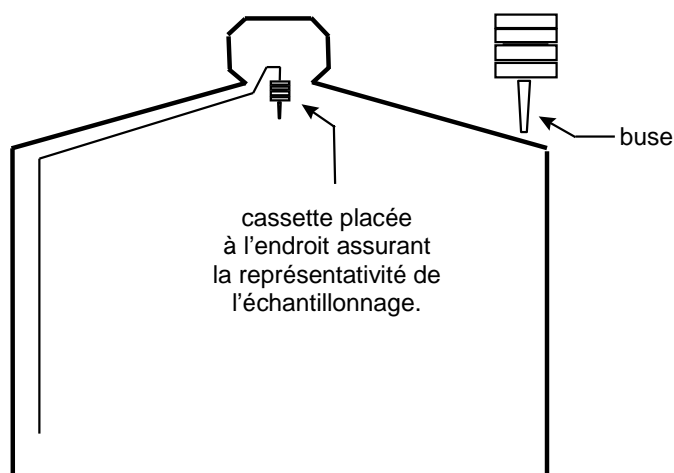
#### Contexte :

Pour déterminer le débit d'évacuation d'une salle ou d'une section de salle de cuves, la vitesse d'évacuation des gaz doit être multipliée par la surface de l'évent de toiture correspondante. Cette surface doit donc être déterminée de façon précise puisque celle-ci influencera directement les taux d'émissions rapportés.

Comme indiqué à la section 2, les cassettes d'échantillonnage ainsi que les anémomètres sont placés à la base de l'évent de toit (voir figure 2). La détermination de la surface de l'évent à cet endroit précis est effectuée à l'aide des plans de construction de l'usine ou par des relevés physiques.

Exemple : l'évent d'une usine à 3 mètres de large par 200 mètres de long, la surface est donc,  $3 \text{ m} \times 200 \text{ m} = 600 \text{ m}^2$ .

**Figure 2**  
Emplacement type des cassettes dans l'évent de toit



À partir d'observation sur le site si des poutres, structures et obstacles se situent au même niveau que les points d'échantillonnage (emplacement des cassettes), l'ensemble de ces surfaces peuvent être soustraites de la surface totale de l'évent. La détermination de la surface totale de ces obstacles se fait à l'aide de plan de construction ou par relevé physique.

Exemple : il y a 12 poutres de 200 mm qui ont 3 m de long et il y a 24 poutrelles de 100 mm qui ont aussi 3 mètres de long, la surface totale de l'évent sera donc de :

$$600 \text{ m}^2 - ((12 \times 0.2 \text{ m} \times 3 \text{ m}) + (24 \times 0.1 \text{ m} \times 3 \text{ m}))$$

$$= 600 - 14.4$$

soit  $585.6 \text{ m}^2$





## ANNEXE IX

### Exemple de « Feuille de calcul des émissions »

	Hall:					Temps compteur initial:		Hrs		
	Technicien:					Temps compteur final:		Hrs		
	Date de début :					Vide initial pompe:		po Hg		
	Date de fin:					Vide final pompe:		po Hg		
	Heure de début:					Temps d'échantillonnage:		Hrs		
	Heure de fin:					Production d'aluminium:		t.m/jr		
	Nombre d'heure tot.:					Température dans l'évent:		°C		
	Filtre #lot:					Pesée initiale Temp.:		°C		
	Date sol'n de formiate:					Pesée initiale Humidité:		%		
						Pesée initiale Pbar.:		mm Hg		
<b>1-Résultats d'échantillonnage</b>										
Site	Concentrations (mg/m3)				Émissions (Kg/t.m.Al)				Ratio(%) F.p/P.tot.	Débit (M3/min)
	F. part.	F.gaz.	F.tot.	P.tot.	F. part.	F.gaz.	F.tot.	P.tot.		
E01										0
E02										0
E03										0
E04										0
E05										0
E06										0
Moy.										0
<b>2-Saisie de données</b>										
Site	Pouss. tot.		Fluor Part.	Fluor Gaz.	Débit d'échantillonnage			Écart %	Cible (L/min)	Anémo. vitesse (m/s)
	Pd ini. (mg)	Pd final (mg)	(mg)	(mg)	initial (L/min)	final (L/min)	moy. (L/min)	Q ajus vs Q calc		
E01										
E02										
E03										
E04										
E05										
E06										
E09							Moy.:			
								Pesée finale T°:		°C
								Pesée finale H%:		%
								Pesée finale Pb:		mm Hg
<b>3-Remarques:</b>										

## ANNEXE X

### Vérification de l'étalonnage des débitmètres de masse ou autre appareil de mesure de débit

#### 1. Contexte

L'exactitude des lectures enregistrées par le débitmètre de masse doit être vérifiée au minimum à tous les ans. Cette vérification s'effectue en comparant les résultats générés par cet instrument avec les résultats obtenus en utilisant un étalon primaire.

#### 2. Calcul de la différence relative moyenne (D)

On notera toujours les différences observées par rapport au groupe de référence composant l'étalon primaire.

$$\text{Ainsi, } D = \left( \frac{\text{Lecture débitmètre} - \text{Lecture étalon}}{\text{Lecture étalon}} \right) \times 100$$

$$D = \left( \frac{500 \text{ cc / min.} - 489 \text{ cc / min.}}{489 \text{ cc / min.}} \right) \times 100 = \underline{\underline{+ 2,2\%}}$$

Vérifier si cette différence est conforme à l'incertitude suggérée par le fabricant. Si l'écart est plus grand que l'incertitude suggérée, le débitmètre doit être calibré.



## ANNEXE XI

### Exemple de « Feuille de calibration du débitmètre de masse »

**Débitmètre de masse**

Marque :

Modèle :

No de série :

**Autre débitmètre de masse :**

Marque : \_\_\_\_\_

Modèle : \_\_\_\_\_

No de série : \_\_\_\_\_

**Débitmètre de primaire**

Type :

Marque :

Modèle :

**Autre débitmètre de primaire**

Type : \_\_\_\_\_

Marque : \_\_\_\_\_

Modèle : \_\_\_\_\_

Débitmètre de masse	Débitmètre primaire	Remarques

### Contrôle de révision

Révision	Date	Réviseur	Modifications

## ANNEXE XII

### Détermination du facteur de correction pour la Vitesse moyenne de l'air aux événements des salles de cuves d'électrolyse

#### 1. Généralité

Dans le cas où un profil de vitesse est réalisé et qu'il n'est pas possible d'installer les dispositifs d'échantillonnage aux points de vitesses moyennes, un facteur de correction de la vitesse peut être employé pour corriger la vitesse mesurée par les anémomètres disposés au centre de l'événement afin qu'elle corresponde aux vitesses si les dispositifs étaient placés aux points de vitesse moyenne.

#### 2. Prise de mesure de vitesses pour établir le profil de vitesse transversale et le calcul de la vitesse moyenne

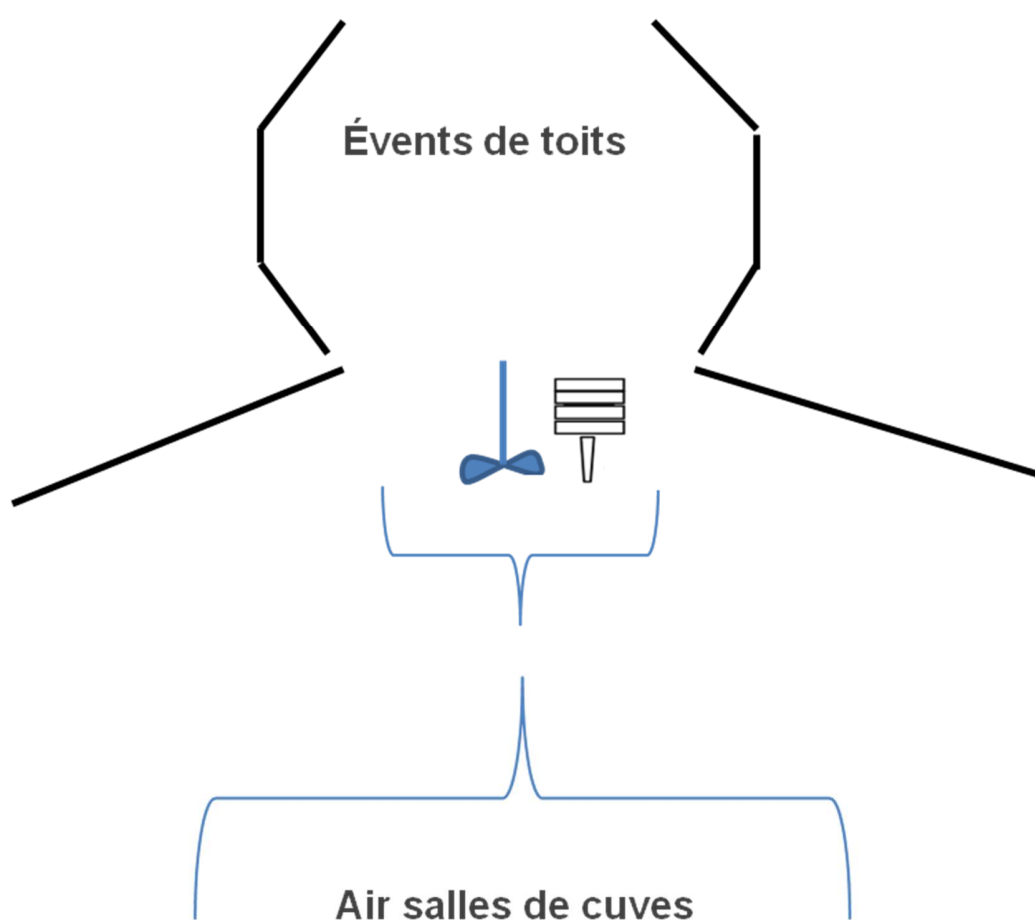
Les mesures de vitesse doivent être prises lors de conditions météorologiques extérieures dites normales et représentatives. Les prises de mesure doivent être faites lors du printemps, l'été ou l'automne. Durant ces saisons, les débits sont plus élevés et la probabilité d'obtenir des vitesses négatives est faible.

La méthode décrite pour effectuer des mesures de vitesses à plusieurs endroits sur la ligne transversale de l'événement considère l'utilisation d'un anémomètre à hélice préalablement calibré tel que prescrit par le fournisseur. Prendre note que d'autres équipements de mesure de vitesse sont possibles.

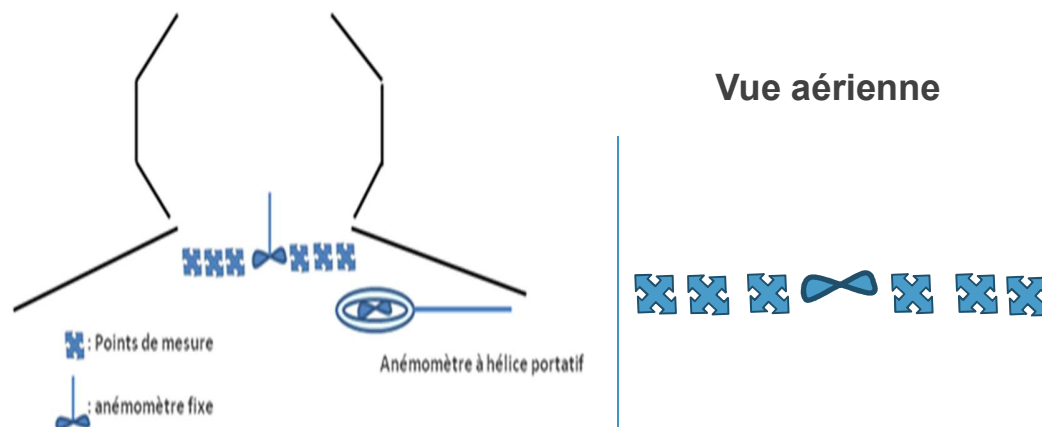
L'accessibilité et des considérations de sécurité peuvent limiter le nombre de points de mesure, mais il est déterminé selon la largeur de l'événement. D'une manière générale, 7 points de mesure de la vitesse sont positionnés, dont un au centre de l'événement et 3 points de mesure de chaque côté de l'événement.

Le schéma 1 montre un exemple d'un événement de toit et le schéma 2 montre un exemple de prises de mesure de vitesse avec un anémomètre à hélice portable.

**Schéma 1 : exemple du positionnement d'un anémomètre et d'une cassette dans un événement de toit d'une salle de cuves électrolytique**



**Schéma 2 : Prise de mesure de vitesse transversale aux événements de toit d'une salle de cuves électrolytique**



Normalement, trois mesures de vitesses doivent être prises pour un même point. Le nombre de prises de mesure sera influencé par l'écart type des vitesses obtenues.

Pour chaque anémomètre d'une section mesurée, une moyenne de vitesse est calculée avec les résultats obtenus (21 résultats pour l'ensemble des 7 points de mesures)

La moyenne des vitesses calculée pour les 7 points de mesures est comparée à la vitesse moyenne (3 résultats) mesurée par l'anémomètre fixe durant la même période.

Dans le cas où la vitesse moyenne de l'anémomètre fixe diffère de la vitesse moyenne des 7 points de mesure, un facteur de correction peut être calculé en prenant la vitesse moyenne de tous les points de mesures divisée par la vitesse moyenne de l'anémomètre fixe (voir exemple de calcul plus bas).

#### **Détermination du facteur de correction pour chaque section mesurée**

La détermination du facteur de correction pour la section mesurée est obtenue par la moyenne des facteurs de chacun des anémomètres de cette section.

Le facteur de correction calculé pour la section mesurée peut être appliqué aux mesures de vitesses de tous les anémomètres de cette section mesurée pour le calcul du débit d'évacuation des gaz.

Les mesures doivent être faites pour chaque section mesurée de la série. Il est possible que le facteur de correction soit différent d'une section mesurée à l'autre surtout si la salle de cuves est disposée perpendiculairement à la direction des vents dominants extérieurs.



### Exemple de calcul : Détermination d'un facteur de correction pour la 1ère section

	point de mesure 1	point de mesure 2	point de mesure 3	anémomètre fixe	point de mesure 4	point de mesure 5	point de mesure 6
Mesure 1	0.71	0.81	0.92	1.12	1.14	1.02	0.83
Mesure 2	0.74	0.81	0.95	1.17	1.15	1.50	0.81
Mesure 3	0.68	0.70	0.93	1.00	0.90	0.98	0.70
	<b>Vitesse moyenne</b>		<b>Vitesse moyenne de tous les points de mesure pour</b>		<b>Facteur pour</b>		
Calcul pour le facteur de correction de l'anémomètre 1	anémomètre fixe central 1	1.10	l'anémomètre 1	0.93	l'anémomètre 1 = 0,93/1,10 =	0.85	
Par exemple, s'il y a 6 anémomètres fixes dans la section mesurée, on répète l'exercice pour chacun d'eux	anémomètre fixe central 2	0.98	l'anémomètre 2	0.95	l'anémomètre 2 = 0,95/0,98 =	0.97	
	anémomètre fixe central 3	1.05	l'anémomètre 3	1.05	l'anémomètre 3 = 1,05/1,05 =	1.00	
	anémomètre fixe central 4	1.23	l'anémomètre 4	1.02	l'anémomètre 4 = 1,02/1,23 =	0.83	
	anémomètre fixe central 5	1.15	l'anémomètre 5	0.98	l'anémomètre 5 = 0,98/1,15 =	0.85	
	anémomètre fixe central 6	1.07	l'anémomètre 6	0.9	l'anémomètre 6 = 0,9/1,07 =	0.84	
						<b>Moyenne des facteurs tous les anémomètres = facteur à appliquer sur la vitesse de tous les anémomètres de la section mesurée</b>	
						<b>0.89</b>	