

A-I-4V1 –EMISSIONS ATMOSPHERIQUES : LES ANALYSEURS DE POUSSIÈRES EN CONTINU

1 Objet

Cette fiche décrit les techniques de détermination de la concentration en poussières dans le domaine des émissions atmosphériques par des analyseurs en continu.

2 Domaine d'application

Ceci s'applique aux installations industrielles dont les émissions sont canalisées dans un conduit. Elle ne s'applique pas aux émissions diffuses non canalisées, aux installations de ventilation, de climatisation et aux salles blanches.

3 Introduction

La méthode de référence pour la détermination de la concentration en poussières dans les fumées est une méthode extractive ponctuelle. Elle consiste en un prélèvement en isocinétisme en différents points du conduit d'un volume connu de fumées. Les poussières sont captées sur un filtre qui est pesé. La masse de poussières est alors rapportée au volume de gaz prélevé.

Cette technique ne permet cependant pas de suivre l'évolution de la concentration en poussières dans le temps et des analyseurs en continu ont été développés à cette fin.

Une série de précautions doivent être prises sur le positionnement des analyseurs dans le conduit afin de tenir compte du comportement des particules dans le flux qui sont soumises principalement à leur propre inertie et aux forces d'entraînement du flux. Ceci a été développé dans les fiches A-I-1 et A-I-2.

4 Type de mesures

Les mesures peuvent être réalisées directement dans la cheminée (in situ) ou à l'extérieur de celle-ci (extractif) en prélevant un échantillon de fumée. Dans ce cas, il est primordial que l'échantillon soit représentatif des fumées.

4.1 Mesures in situ

Le terme "mesures in situ" est utilisé pour indiquer que l'échantillon n'est pas extrait du conduit mais que la concentration en poussières est directement mesurée dans le flux de gaz.

L'avantage majeur de la technique in situ est la relative simplicité des instruments de mesures.

Dans tous les cas, il est nécessaire de réaliser un calibrage du signal fourni par l'analyseur en continu par rapport à la méthode de référence. En effet, le signal fourni est fonction de la taille, de la couleur et de la forme des particules présente dans les fumées.

Les méthodes in-situ ne peuvent être utilisées en cas de présence de gouttelettes ou vésicules dans les fumées.

4.2 Mesures extractives

Les mesures extractives sont réalisées au moyen d'un système de prélèvement. Une sonde est utilisée pour extraire un échantillon représentatif des fumées du flux principal.

Le système de prélèvement est complexe et difficile à mettre en œuvre. Le prélèvement doit être réalisé en isocinétisme et la ligne de prélèvement jusqu'au détecteur doit être maintenue à une température supérieure au point de rosée des fumées afin d'éviter toute condensation (cf. fiche A-I-3)

Le prélèvement n'est réalisé qu'en un seul point du conduit car contrairement aux prélèvements manuels où un opérateur va déplacer la sonde et balayer la cheminée manuellement, il n'est pas possible techniquement de parcourir le plan de mesure avec un appareillage de mesure automatique.

Un échantillonneur extractif doit être utilisé en cas de présence de gouttelettes ou de vésicules dans les fumées.

5 Les techniques d'analyse

Les analyseurs de poussières réalisent une pesée directe de la masse de poussières ou se basent sur des propriétés physiques des poussières. Le tableau 1 ci-après reprend ces différentes catégories suivant leurs dénominations usuelles

	Opacimétrie	Scintillation	Diffusion	Dépression	Absorption β	Triboélectrique	Electrodynamique
In-situ	X	X	X			X	X
Extractif			X	X	X	X	
LD (mg/m ³)	20	2	< 0.05	< 0.1	< 0.3	0.1	0.1
Gamme (mg/Nm ³)	> 1000	-	0-100		0-1000	0-200	

Tableau 1

5.1 Opacimétrie

L'opacimètre a été et reste le système le plus utilisé pour la détermination de la concentration en poussières dans les fumées.

5.1.1 Principe

L'intensité d'un faisceau lumineux est atténuée par les poussières présentes dans le chemin optique (Figure 1). L'atténuation subie est une mesure de la concentration en poussières présente dans les fumées.

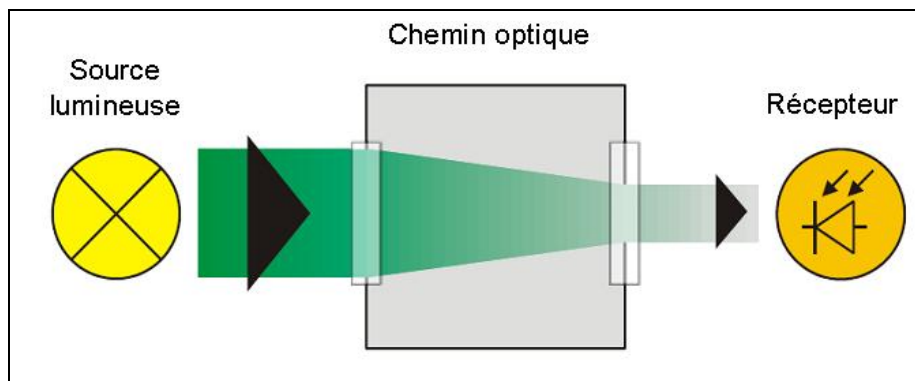


Figure 1 : Principe d'un opacimètre

5.1.2 Remarques

Ce type d'instrument doit être étalonné en réalisant une série de mesures par la méthode de référence. De plus, vu qu'il est sensible aux paramètres physiques des poussières (forme couleur et taille), la réponse de l'analyseur est modifiée si le type de poussières change et un nouvel étalonnage est nécessaire.

L'accumulation des poussières sur les fenêtres de l'émetteur et du récepteur entraîne également des interférences.

Cette technique ne peut être utilisée que dans des installations émettant des concentrations élevées en poussières (20 mg/Nm^3), ce qui est de plus en plus rare de nos jours.

Les opacimètres ne peuvent pas être utilisés dans les installations pour lesquels les fumées sont saturées en eau (présence de gouttelettes ou de vésicules)

5.2 Scintillation

Ce type d'analyseurs de poussières se base sur la scintillation du rayon lumineux. On les appelle également opacimètres dynamiques ou analyseurs de poussières à transmission dynamique.

5.2.1 Principe

Tout comme les opacimètres, ces analyseurs exploitent le passage d'un faisceau lumineux au travers du conduit des fumées. Dans ce cas, on mesure la variation dans le temps de l'intensité du rayon lumineux, la scintillation étant définie comme le rapport entre la variation en intensité et l'opacité. Plus la concentration en poussières est élevée, plus la variation d'intensité, et donc la scintillation, est grande (Figure 2).

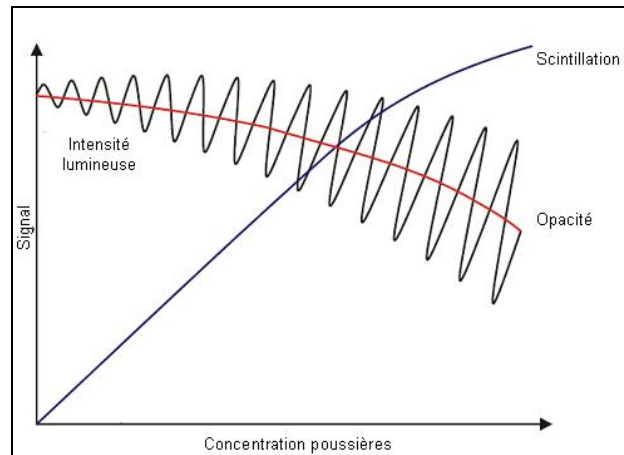


Figure 2 : Principe de mesure par scintillation

5.2.2 Remarques

Ce type d'instrument doit être étalonné en réalisant une série de mesures par la méthode de référence. De plus, vu qu'il est sensible aux paramètres physiques des poussières (forme couleur et taille), la réponse de l'analyseur est modifiée si le type de poussières change et un nouvel étalonnage est nécessaire.

L'accumulation des poussières sur les fenêtres de l'émetteur et du récepteur n'a que très peu d'influence sur la mesure puisqu'elle est indépendante de l'intensité du faisceau lumineux. L'instrument peut donner des mesures correctes même avec les fenêtres obscurcies à 90 %.

Cette technique peut être utilisée dans des installations émettant des concentrations plus faibles en poussières (2 mg/Nm^3) que les opacimètres.

Les opacimètres dynamiques ne peuvent pas être utilisés dans les installations pour lesquels les fumées sont saturées en eau (présence de gouttelettes ou de vésicules).

5.3 Diffusion

La technique de la diffusion d'un rayon lumineux est utilisée pour la détermination de la concentration en poussières dans les fumées tant en mode in-situ qu'en mode extractif.

5.3.1 Principe

Les particules touchées par un rayon lumineux diffusent par réflexion la lumière dans toutes les directions (Figure 3).

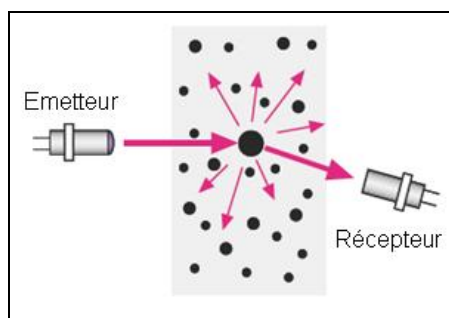


Figure 3 : Principe de la mesure par diffusion

5.3.2 Analyseurs in-situ

Le principe de fonctionnement pour les analyseurs in-situ est présenté à la figure 4. La source lumineuse éclaire les particules présentes dans le conduit. La lumière diffusée est renvoyée par les particules et collectée par un capteur optique spécifique suivant un angle défini. Deux absorbeurs de lumière sont placés sur la paroi opposée du conduit face à l'émetteur et au récepteur afin d'éviter les interférences dues à cette paroi.

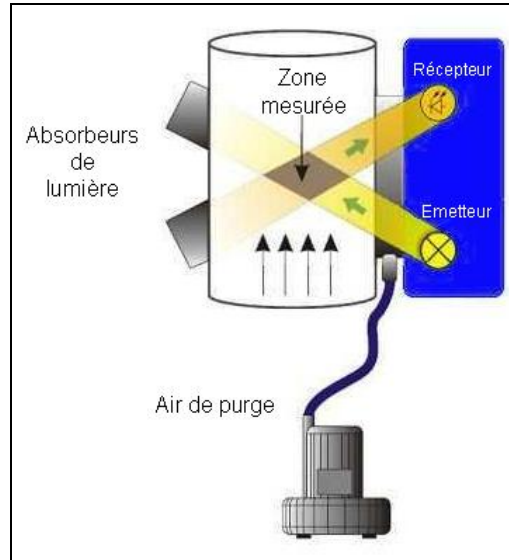


Figure 4 : Analyseur de poussières in-situ par diffusion

Ce système est sensible à l'accumulation de poussières sur les fenêtres des émetteur et récepteur. Une variante mettant en œuvre 2 détecteurs permet de s'affranchir de ce problème (figure 5).

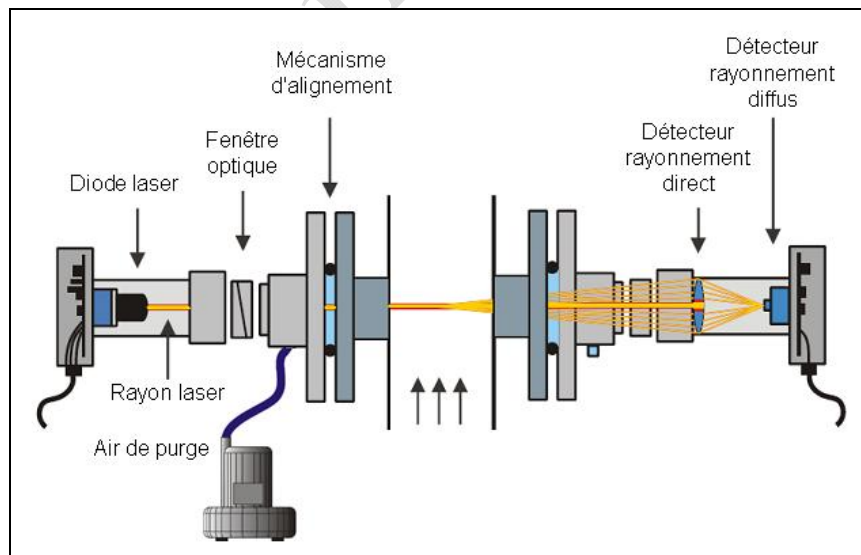


Figure 5 : Analyseur de poussières par diffusion à deux détecteurs

Le détecteur de rayonnement direct sert de référence et tient compte de l'empoussièremement des fenêtres.

Il existe aussi des systèmes in-situ où la mesure est réalisée par diffusion dans une sonde placée dans la cheminée (Figure 6) On parle dans ce cas de "diffusion en avant" Cette dernière technique est plus facile à mettre en œuvre.

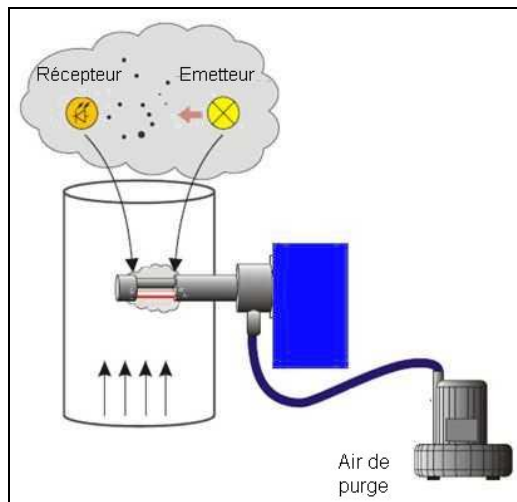


Figure 6 : Analyseur de poussières par "diffusion en avant"

5.3.3 Analyseurs extractifs

Le principe de la diffusion de la lumière est aussi exploité pour des analyseurs extractifs (Figure 7).

Une portion du flux est extraite vers le photomètre avant d'être rejetée dans le conduit. L'ensemble du système de prélèvement est maintenu à une température supérieure au point de rosée des gaz.

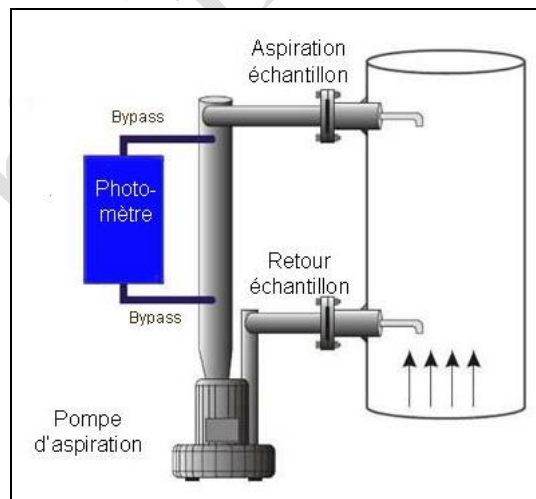


Figure 7 : Analyseur de poussières extractif par diffusion

5.3.4 Remarques

Ce type d'instrument doit être étalonné en réalisant une série de mesures par la méthode de référence. De plus, vu qu'il est sensible aux paramètres physiques des poussières (forme couleur et taille), la réponse de l'analyseur est modifiée si le type de poussières change et un nouvel étalonnage sera nécessaire.

Cette technique permet de mesurer des fumées faiblement chargées ($< 1 \text{ mg/Nm}^3$). Seuls les instruments extractifs utilisant le principe de la diffusion peuvent être utilisés dans les installations pour lesquels les fumées sont saturées en eau (présence de gouttelettes ou de vésicules).

5.4 Dépression

Ce système n'est que rarement utilisé car il est notamment lourd à mettre en œuvre

5.4.1 Principe

Les poussières, prélevées en isocinétisme, sont captées sur un filtre. La perte de charge (ou dépression) au niveau de ce filtre est proportionnelle à la quantité de poussières retenue par celui-ci (Figure 8).

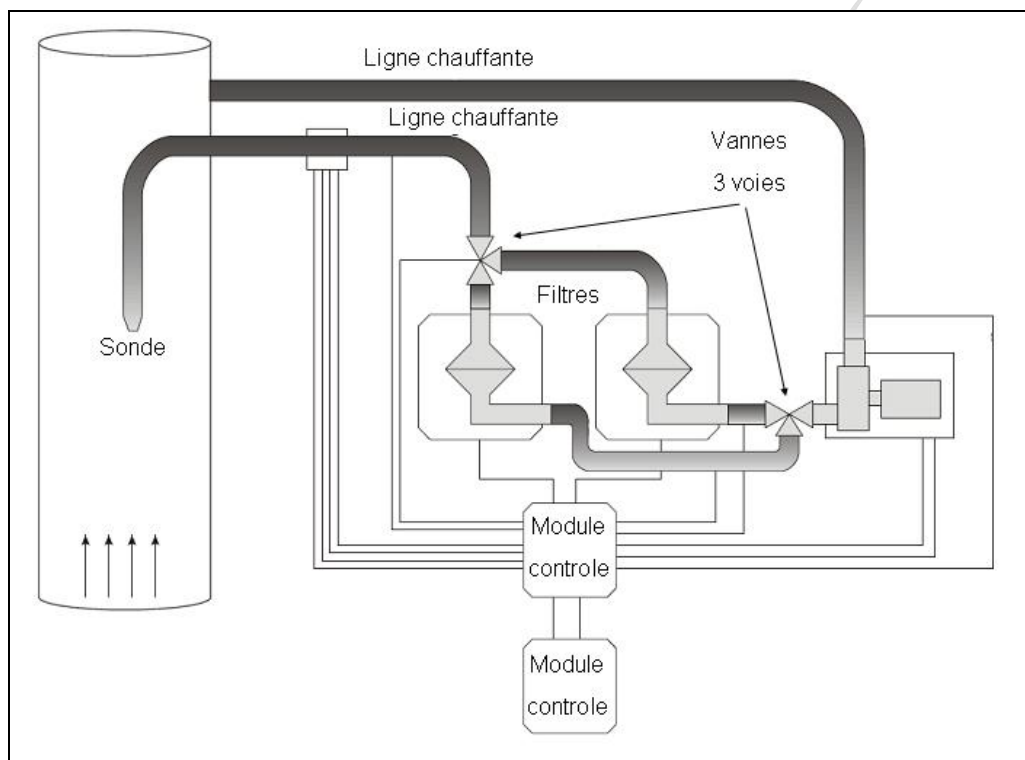


Figure 8 : Schéma d'un appareillage de mesure des poussières par dépression

Ce système extractif nécessite une sonde chauffée. Le filtre est également chauffé afin d'éviter toute condensation.

5.4.2 Remarques

Le prélèvement n'est réalisé qu'en un seul point du conduit jugé représentatif de la concentration en poussières dans les fumées.

Il est possible de récupérer les poussières sur les filtres afin de réaliser des analyses complémentaires sur celles-ci (par exemple métaux lourds).

Ce système est lourd et contraignant à mettre en œuvre.

5.5 Absorption β

L'absorption β est la méthode extractive la plus utilisée pour la détermination de la concentration en poussière dans les fumées.

5.5.1 Principe

Les poussières, prélevées en isocinétisme, sont captées sur un filtre. La concentration en particules est déterminée par la quantité d'énergie absorbée par l'échantillon exposé à une source radioactive. (Figure 9)

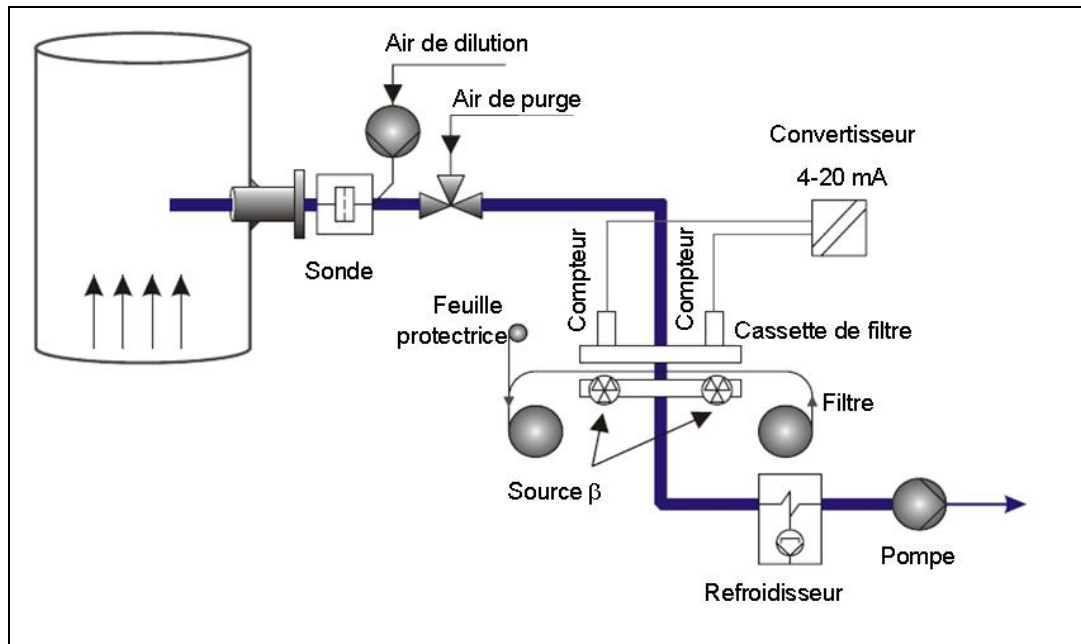


Figure 9 Schéma d'un appareillage de mesure des poussières par absorption β

Les rayons β de faible énergie sont absorbés par collision avec les électrons, dont le nombre est proportionnel à la densité. L'absorption est ainsi directement fonction de la masse de matière traversée par les rayons, indépendamment de la nature physico-chimique des poussières.

Le filtre se présente sous forme de ruban qui avance progressivement en fonction de son niveau d'empoussièremment.

Ce système extractif nécessite une sonde chauffée. La chambre de mesure est également chauffée afin d'éviter toute condensation.

Si les fumées sont suffisamment diluées au niveau de la sonde, la chambre de mesure ne doit pas être chauffée.

5.5.2 Remarques

Le prélèvement n'est réalisé qu'en un seul point du conduit jugé représentatif de la concentration en poussières dans les fumées.

Vu que le principe de mesure est cumulatif, la gamme de mesure est très faible (domaine du $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

La présence d'une source radioactive, même de très faible intensité impose une série de contraintes due à la législation sur ce type de rayonnement.

5.6 Triboélectricité

5.6.1 Principe

Lorsque des particules de poussières chargées entrent en collision avec la sonde, il se produit un transfert de charge électrique qui génère un courant électrique continu. Le signal est directement proportionnel à la concentration en particules. (Figure 10)

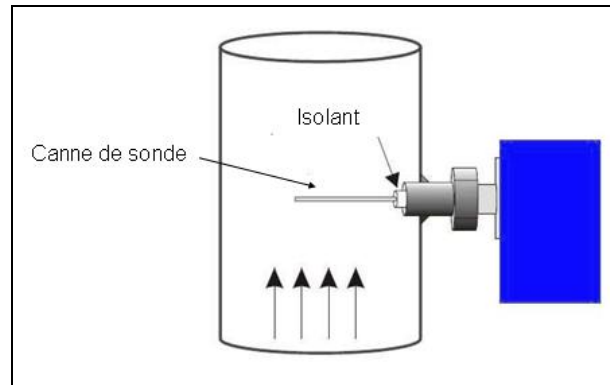


Figure 10 : Analyseur de poussières triboélectrique

5.6.2 Remarques

Cette technique n'est pas utilisable directement à la sortie d'électrofiltres en raison de la charge des particules à la sortie de celui-ci. En effet, dans ce cas, l'intensité du courant électrique générée dans le détecteur sera fonction, non seulement du nombre de particules mais également de la charge résiduelle sur ces particules après leur passage dans l'électrofiltre.

Cette technique ne peut pas non plus être utilisée lorsque d'importantes variations de la vitesse des fumées sont observées. En effet, dans ce cas, l'intensité du courant électrique générée dans le détecteur sera fonction du nombre de particules mais également de la charge électrostatique des particules or cette dernière varie en fonction de la vitesse des fumées (notamment par les forces de frottement).

L'accumulation des poussières sur la sonde induit une modification de leur comportement électrique.

Cette technique ne peut pas être utilisée dans les installations pour lesquels les fumées sont saturées en eau: les gouttelettes entrant en contact avec la sonde vont également générer un courant.

5.7 Electrodynamique

5.7.1 Principe

Les particules chargées passant à proximité de la sonde, génère un courant alternatif proportionnel à leur concentration dans les fumées.

Cette technique s'affranchit du problème d'accumulation des poussières sur la sonde puisque celles-ci ne sont pas prises en compte.

5.7.2 Remarques

Cette technique présente les mêmes inconvénients que la triboélectricité.

A-I-4V1 –EMISSIONS ATMOSPHERIQUES : LES ANALYSEURS DE POUSSIÈRES EN		
CONTINU.....		1
1	Objet.....	1
2	Domaine d'application.....	1
3	Introduction.....	1
4	Type de mesures.....	1
4.1	Mesures in situ.....	1
4.2	Mesures extractives.....	2
5	Les techniques d'analyse.....	2
5.1	Opacimétrie.....	2
5.1.1	Principe.....	3
5.1.2	Remarques.....	3
5.2	Scintillation.....	3
5.2.1	Principe.....	3
5.2.2	Remarques.....	4
5.3	Diffusion.....	4
5.3.1	Principe.....	4
5.3.2	Analyseurs in-situ.....	5
5.3.3	Analyseurs extractifs.....	6
5.3.4	Remarques.....	6
5.4	Dépression.....	7
5.4.1	Principe.....	7
5.4.2	Remarques.....	7
5.5	Absorption β	8
5.5.1	Principe.....	8
5.5.2	Remarques.....	8
5.6	Triboélectricité.....	9
5.6.1	Principe.....	9
5.6.2	Remarques.....	9
5.7	Electrodynamique.....	9
5.7.1	Principe.....	9
5.7.2	Remarques.....	9

Original 2016