
La Contamination Gazeuse et Particulaire

Préconisations pour les Datacenters

Document de référence: white paper (ASHRAE 2009a, 2011 update), “Particulate and Gaseous Contamination Guidelines for Data Centers”

Le 11/06/2014 Version V1.0

Sommaire

Sommaire.....	2
Gestion documentaire	3
1 Introduction.....	4
2 La contamination particulaire (poussières)	5
2.1 Mécanismes et effets de la contamination particulaire.....	5
2.2 Identification de la contamination particulaire	7
2.3 Préconisations	7
3 La contamination gazeuse.....	8
3.1 Mécanismes et effets de la contamination gazeuse.....	8
3.2 Identification de la contamination gazeuse	9
3.3 Préconisations	9
4 Annexes.....	10
4.1 Résumé des limites environnementales acceptables ASHRAE.....	10
4.2 ISO 14644-1 (ISO 1999) Classification de la propreté de l'air vs. Concentrations maximales autorisées de particules	13
4.3 Classification des filtres selon le Standard ANSI / ASHRAE 52.2 P et équivalence avec la norme EN 779 2002	13
4.4 Niveaux de corrosivité des gaz selon ISA-71.04 (ISA 1985) avec ajout de l'argent (ASHRAE)	14
4.5 Monitoring de la corrosivité et de la qualité de l'air	14
4.6 Filtres phase gazeuse	15

Gestion documentaire

DATE	VERSION	AUTEUR	OBSERVATION
11/06/2014	V1.0	P DOTTAX	Version Initiale

1 Introduction

L'objectif de ce livre blanc est de décrire la nécessité de contrôler les contaminants particuliers et gazeux présents dans l'air dans les centres de données et de préciser des recommandations et des limites acceptables.

La plupart des centres de données sont dans des zones présentant des environnements relativement propres et la plupart de la contamination est bénigne. Par conséquent, la plupart des centres de données ne présentent pas de pannes des équipements IT liées à la contamination gazeuse et/ou particulaire. Un petit nombre de centres de données, toutefois, y sont sujet. Selon les grands fabricants de matériel informatique, le nombre de centres de données présentant des pannes liées à la contamination est à la hausse, même si leur nombre reste très faible.

Les raisons de l'augmentation du nombre de centres de données en situation de défaillances matérielles dues à la corrosion sont les suivants:

- La charge thermique par unité de volume augmente, ce qui nécessite plus d'air pour maintenir le matériel dans les limites des températures acceptables. La circulation d'air ainsi accrue augmente l'exposition de l'électronique aux effets néfastes de la poussière et des contaminants gazeux.
- Le changement des alliages de soudure contenant du plomb par de la soudure sans plomb, telle que la soudure cuivre-étain-argent.
- Les changements des conditions d'exploitation du centre de données en termes de température et d'humidité.
- La poursuite de la miniaturisation des composants électroniques et l'augmentation de la densité des composants sur les cartes (diminution des espacements entre pistes et composants, etc.) approchent les dimensions des produits de corrosion, ce qui rends les équipements plus vulnérables.
- La prolifération des centres de données dans les zones géographiques avec des environnements pollués (zones urbaines, zones industrielles, etc.).

Deux modes communs de défaillances des équipements informatiques dus à la contamination de l'environnement sont les suivants:

- Corrosion du cuivre et migration du sulfure de cuivre sur les pistes des cartes.
- Corrosion des contacts plaqués argent pour les composants miniatures montés en surface.

Par conséquent, la nécessité de contrôler les contaminants atmosphériques des datacenters et de préciser leurs limites acceptables recommandées devient critique pour un fonctionnement fiable continu du matériel informatique.

2 La contamination particulaire (poussières)

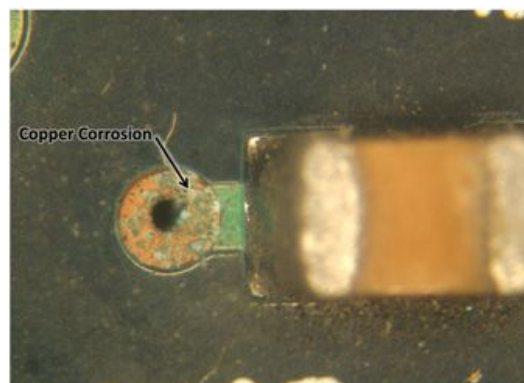
2.1 Mécanismes et effets de la contamination particulaire

- *Les effets mécaniques:* Les effets mécaniques incluent l'obstruction du flux d'air de refroidissement, l'abrasion, les interférences optiques, le parasitage d'interconnexions, ou la déformation de surfaces (par exemple, les médias magnétiques) et d'autres effets similaires.
- *Les effets chimiques:* Accrochage de poussière sur les circuits imprimés qui peut conduire à la corrosion et/ou au court-circuit électrique entre des éléments électroniques étroitement espacés.
- *Les effets électriques:* Les effets électriques comprennent les changements d'impédance et les courts circuits entre éléments conducteurs.

La poussière est omniprésente. Même avec les meilleurs efforts de filtration, de la poussière sera présente dans un centre de données et va s'installer sur le matériel électronique. Heureusement, la plupart de ces poussières sont sans effets.

Les poussières néfastes ont généralement une teneur élevée en ions, tels que des sels de soufre et de chlore. La source de cette poussière néfaste est principalement extérieure dans la gamme de taille 2,5-15 μm pour les grosses poussières et 0,1-2,5 μm pour les poussières fines. Les particules de poussière grossière ont une origine biologique et minérale, elles sont formées la plupart du temps par l'abrasion due au vent. Elles peuvent rester en suspension pendant quelques jours. Les particules de poussières fines sont généralement le résultat de la combustion de combustibles fossiles et de l'activité volcanique. Elles peuvent rester en suspension pendant des années. De grandes étendues d'eau salée sont également une source importante de contamination par de la poussière en suspension. Le sel de mer peut être transporté à 10 km à l'intérieur des terres ou plus loin par des vents forts présents dans les zones côtières et peut endommager l'électronique à cette distance.

Un mécanisme par lequel la poussière dégrade la fiabilité des cartes de circuits imprimés est l'absorption de l'humidité de l'environnement par la poussière déposée. La contamination ionique dans la poussière humide dégrade la résistance d'isolation de surface des circuits imprimés et, dans le pire des cas, conduit à un court-circuit électrique d'éléments conducteurs proches par la migration des ions. La figure suivante montre un exemple de corrosion du cuivre causée par la poussière déposée sur un circuit imprimé:



L'humidité relative de déliquescence est l'humidité relative à laquelle la poussière absorbe assez d'eau pour s'humidifier et favoriser la corrosion et/ou la migration des ions. Elle détermine la corrosivité de la poussière: Lorsque l'humidité relative déliquescente de la poussière est supérieure à l'humidité relative dans le centre de données, la poussière reste au sec et ne contribue pas à la corrosion ou à la migration d'ions. Cependant, dans quelques cas, lorsque la poussière a une humidité relative déliquescente inférieure à l'humidité relative du datacenter, la poussière absorbe l'humidité, se mouille, et favorise la corrosion et/ou la migration d'ions, dégradant ainsi la fiabilité des équipements IT.

Des poussières nocives peuvent également être générées à l'intérieur d'un datacenter. Les humidificateurs permettant de contrôler l'humidité dans la pièce peuvent augmenter les niveaux de pollution de la poussière si l'eau alimentant l'humidificateur est riche en sels qui ont une humidité de déliquescence inférieure à l'humidité relative dans le datacenter. Même de faibles concentrations de ces sels peuvent présenter une sérieuse menace de corrosion et de migration d'ions. Ces problèmes de corrosion peuvent être atténués par le traitement de l'eau de l'humidificateur par osmose inverse (ASHRAE 2009b).

Les poussières fibreuses de papier, carton, textiles peuvent encrasser les dissipateurs de chaleur et perturber le refroidissement des équipements. Il faut donc éviter de travailler avec ces matières à l'intérieur des centres de données. Par exemple, les nouveaux équipements doivent être déballés à l'extérieur du centre de données, et les imprimantes à haut volume doivent être situés ailleurs.

Une autre forme de contamination particulière très préjudiciable à la fiabilité du matériel est due aux "zinc whiskers" (moustaches de zinc), qui sont les particules électriquement conductrices les plus courantes trouvées dans les centres de données. En effet, le dessous de certaines dalles de faux planchers en acier sont recouvertes de zinc pour empêcher la corrosion. Les vérins peuvent aussi être revêtus de zinc. Le zinc peut être galvanisé à chaud ou par électrodeposition. Bien que les "zinc whiskers" puissent se développer sur les deux types de revêtements, le zinc électrolytique est beaucoup plus sensible à la croissance des "zinc whiskers".

Les "zinc whiskers", qui se développent jusqu'à 1-2 mm de longueur, peuvent se déposer sur le matériel informatique quand ils sont transportés par l'air, ce qui pourrait se produire lorsque les dalles sont manipulées. Si les "zinc whiskers" sont ingérés par les équipements informatiques, les circuits de tensions supérieures à 25 V peuvent souffrir de court-circuit, d'arc électrique, de perturbations de signal ou de pannes catastrophiques.

2.2 Identification de la contamination particulière

La contamination par particules des centres de données et ses effets corrosifs peuvent être identifiés par des moyens bien définis et relativement simples:

- La contamination par des particules (poussières) se caractérise par sa quantité et sa corrosivité. La quantité de contamination par la poussière peut normalement être identifiée par l'inspection visuelle des équipements IT et la fréquence de remplacement des filtres. La corrosivité de la poussière peut être estimée par la détermination de l'humidité relative de déliquescence, qui est l'humidité relative à laquelle la poussière devient mouillée et par conséquent conductrice. Les poussières ayant une forte humidité relative de déliquescence sont généralement plus bénignes et moins corrosives que celles ayant une faible humidité relative de déliquescence.
- Une méthode simple pour détecter les whiskers de zinc est d'utiliser une lampe de poche: Enlever une dalle de faux plancher et la placer verticalement dans un endroit sombre. Eclairer la face inférieure de la dalle avec la lampe de poche à un angle de 45 °. L'observation de petites taches qui scintillent dans la lumière peut être une preuve de présence de "zinc whiskers". Pour confirmer leur présence, des échantillons doivent être prélevés au moyen de languettes adhésives de carbone et visualisées dans un microscope électronique à balayage. Si des "zinc whiskers" sont effectivement présents, l'assainissement implique le remplacement des dalles de faux plancher contaminées et l'appel à des professionnels pour nettoyer le centre de données.

2.3 Préconisations

En résumé, la plupart des poussières sont sans effet. Les problèmes de corrosion et / ou de migration d'ions peuvent survenir dans de rares cas lorsque leur humidité relative de déliquescence est inférieure à l'humidité relative dans le centre de données. En règle générale, l'humidité relative doit être maintenue en dessous de 60% pour éviter la corrosion des équipements par la poussière.

ASHRAE recommande donc que les centres de données soient maintenus propres selon l'ISO Classe 8, ce qui peut être réalisé simplement en spécifiant les moyens de filtration terminaux suivants:

- L'air de la pièce peut être filtré en continu avec filtres MERV 8 (1), tel que recommandé par la norme ASHRAE 127 (ASHRAE 2007).
- L'air entrant dans un centre de données peut être filtré avec des filtres MERV 11 ou MERV 13 (1) tel que recommandé par l'ASHRAE (2009b).

De plus:

- L'humidité relative doit être maintenue en dessous de 60%
- Les sources de poussières dans le datacenter doivent être réduites.

Pour les centres de données utilisant le refroidissement en "direct air free cooling", le choix des filtres permettant d'atteindre le niveau de propreté ISO classe 8 dépend des conditions spécifiques environnementales extérieures. En général, l'air entrant dans un centre de données peut nécessiter l'utilisation de filtres MERV 11 ou, de préférence, de filtres MERV 13 (1).

Une analyse en laboratoire des poussières recueillies dans le datacenter permettra également de caractériser l'humidité relative de déliquescence et leur composition.

(1): cf. Annexes.

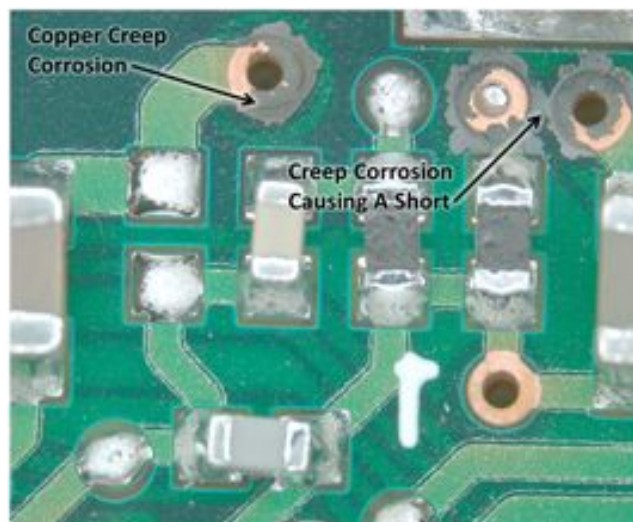
3 La contamination gazeuse

3.1 Mécanismes et effets de la contamination gazeuse

La corrosion du placage de cuivre des pistes des circuits imprimés par des gaz soufrés (SO_2 par exemple) transforme le cuivre en sulfure de cuivre qui migre sur le circuit imprimé, pouvant créer un court-circuit sur les pistes adjacentes.

La corrosion des contacts plaqués argent par les même gaz, pour les composants montés en surface, transforme en sulfure d'argent le placage qui peut devenir non conducteur.

Les gaz contenant du soufre, tels que le dioxyde de soufre (SO_2) et le sulfure d'hydrogène (H_2S), sont les gaz les plus courants qui entraînent la corrosion de l'équipement électronique. Un exemple de la corrosion, en raison de la contamination gazeuse, sur une carte de circuit conforme à la directive de limitation des substances dangereuses (RoHS) (EU 2003) est représentée ci-dessous:



Les limites de composition gazeuse de l'environnement ont été publiées dans ISA-71.04 (ISA 1985). Ces limites servent de guide pour spécifier la propreté de l'environnement d'un datacenter mais ne sont pas utiles pour surveiller la corrosivité ou prévoir le taux de panne des équipements et ce pour plusieurs raisons. Premièrement, la détermination de la composition des gaz n'est pas une tâche facile. Deuxièmement, prévoir le taux de corrosion produit par une composition gazeuse est un exercice complexe.

Une autre complication concerne la synergie entre les gaz. Par exemple, il a été prouvé que le SO_2 ou le H_2S seuls ne sont pas très corrosifs pour l'argent ou le cuivre, mais la combinaison de ces gaz avec d'autres comme le dioxyde d'azote (NO_2) et/ou l'ozone (O_3) sont très corrosifs. De plus, le taux de corrosion du cuivre est fortement lié à l'hygrométrie relative, ce qui n'est pas le cas de l'argent qui est moins sensible à l'hygrométrie.

3.2 Identification de la contamination gazeuse

Une approche simple à faible coût pour la surveillance de la qualité de l'air dans un centre de données est la méthode dite de "reactive monitoring" décrite in ISA-71.04 (ISA 1985).

Cette méthode propose d'exposer un coupon de cuivre dans l'environnement pendant un mois et d'effectuer en laboratoire une analyse coulométrique afin de déterminer l'épaisseur des produits de corrosion et leur composition sur les coupons métalliques. Mais l'utilisation du coupon de cuivre seul a deux limitations majeures: La première est que le cuivre n'est pas sensible au chlore, un contaminant particulièrement corrosif pour de nombreux métaux, et l'autre est que la corrosion du cuivre est trop sensible à l'humidité relative. L'inclusion d'un coupon d'argent permet de différencier les contributions corrosives des contaminants gazeux et de l'humidité relative. Il est maintenant pratique courante d'inclure des coupons d'argent avec les coupons de cuivre pour obtenir un plus grand aperçu de la chimie des gaz corrosifs dans l'environnement.

Des systèmes de monitoring en temps réel de la corrosivité et de la qualité de l'air sont actuellement disponibles (cf. Annexes).

3.3 Préconisations

Le tableau en Annexe montre les niveaux de corrosivité des gaz selon ISA-71.4 (ISA 1985).

L'ASHRAE préconise la classe G1 de l'ISA-71.4 (ISA 1985) pour les datacenters mais, à la suite d'une enquête d'un an dans divers datacenters, l'ASHRAE a ajouté le taux de corrosion de l'argent.

En résumé, l'équipement IT des centres de données doit être protégé contre la corrosion en:

- maintenant l'humidité relative inférieure à 60%

et en limitant les niveaux de concentration des contaminants gazeux au lesquels:

- le taux de corrosion du cuivre <300 Å / mois
- le taux de corrosion de l'argent <200 Å / mois.

Dans le cas où les taux de corrosion sont supérieurs aux préconisations, l'ASHRAE recommande l'utilisation de filtration en phase gazeuse de l'air entrant et de l'air interne.

Le respect des exigences énoncées dans ce document est important afin de maintenir un niveau élevé de fiabilité de l'équipement informatique et d'éviter les coûts de remplacement non couverts par la garantie.

Pour un résumé des recommandations (en anglais), voir les Annexes.

4 Annexes

4.1 Résumé des limites environnementales acceptables ASHRAE

Table 4 Summary of Recommended Acceptable Environmental Limits

Recommended Operating Environment ^{1, 3}	
Temperature	18°C (64.4°F) to 27°C (80.6°F) ³
Low-end moisture	5.5°C (41.9°F) dew point
High-end moisture	60% relative humidity or 15°C (59°F) dew point
Gaseous contamination	Severity level G1 as per ISA 71.04 (ISA 1985) which states that the reactivity rate of copper coupons shall be less than 300 Å/month (= 0.0039 µg/cm ² ·h weight gain) ⁵ . In addition, the reactivity rate of silver coupons shall be less than 200 Å/month (= 0.0024 µg/cm ² ·h weight gain) ⁶ . The reactive monitoring of gaseous corrosivity should be conducted approximately 2 in. (5 cm) in front of the rack on the air inlet side, at one-quarter and three-quarter frame height off the floor or where the air velocity is much higher.
Particulate contamination	1. Data centers with or without air-side economizers must meet the cleanliness level of ISO class 8. 2. The deliquescent relative humidity of the particulate contamination should be more than 60%². 3. Data centers must be free of zinc whiskers⁴. 4. For data center without air-side economizer, the ISO class 8 cleanliness may be met simply by the choice of the following filtration: a. The room air may be continuously filtered with MERV 8 filters b. Air entering a data center may be filtered with MERV 11 or preferably MERV 13 filters. 5. For data centers with air-side economizers, the choice of filters to achieve ISO class 8 cleanliness depends on the specific conditions present at that data center. In general, air entering a data center may require to be filtered using MERV 11 or preferably MERV 13 filters.
Recommended Non-Operating Environment ³	
Temperature	10°C–43°C (50°F–109.4°F)
Relative humidity	8% to 80%
Wet bulb	Less than 23°C (73°F)
Gaseous contamination	Severity level G1 as per ISA 71.04 (ISA 1985) which states that the reactivity rate of copper coupons shall be less than 300 Å/month (=0.0039 µg/cm ² ·hour weight gain) ⁵ . In addition, the reactivity rate of silver coupons shall be less than 200 Å/month (= 0.0024 µg/cm ² ·hour weight gain) ⁶ . The reactive monitoring of gaseous corrosivity should be conducted approximately 2 in. (5 cm) in front of the rack on the air inlet side, at one-quarter and three-quarter frame height off the floor. Note that since gaseous corrosivity is a function of air velocity, measuring corrosivity in front of a non-operating machine with no airflow will give lower corrosivity reading than if the machine was operating.

Table 4 Summary of Recommended Acceptable Environmental Limits

Recommended Non-Operating Environment ³ (continued)	
Particulate contamination	6. Data centers with or without air-side economizers must meet the cleanliness level of ISO class 8. 7. The deliquescent relative humidity of the particulate contamination should be more than 60%². 8. Data centers must be free of zinc whiskers⁴. 9. For data center without air-side economizer, the ISO class 8 cleanliness may be met simply by the choice of the following filtration: a. The room air may be continuously filtered with MERV 8 filters b. Air entering a data center may be filtered with MERV 11 or preferably MERV 13 filters. 10. For data centers with air-side economizers, the choice of filters to achieve ISO class 8 cleanliness depends on the specific conditions present at that data center. In general, air entering a data center may require to be filtered using MERV 11 or preferably MERV 13 filters.

Notes:

1. Gaseous contamination is measured approximately 2 in. (5 cm) in front of the rack on the air inlet side, at one-quarter and three-quarter frame height off the floor. Derate the maximum recommended ambient temperature by 1°C (1.8°F) for every 300 m (984 ft) over 1800 m (5906 ft). For extended periods of time, IT manufacturers recommend that data center operators maintain the recommended envelope for maximum reliability. The allowable envelope is where IT manufacturers test their equipment in order to verify that the equipment will function. This is not a statement of reliability, but one of functionality of the IT equipment.
2. The deliquescent relative humidity of particulate contamination is the relative humidity at which the dust absorbs enough water to become wet and promote corrosion and/or ion migration.
3. The machine should be in an environment that satisfies the recommended operating environment specification for at least one day before it is powered on.
4. Surface debris is randomly collected from 10 areas of the data center on a 1.5-cm diameter disk of sticky electrically conductive tape on a metal stub. If examination of the sticky tape in a scanning electron microscope reveals no zinc whiskers, the data center is considered free of zinc whiskers.
5. The derivation of the equivalence between the rate of copper corrosion product thickness growth in Å/month and the rate of weight gain assumes that Cu₂S and Cu₂O grow in equal proportions.
6. The derivation of the equivalence between the rate of silver corrosion product thickness growth in Å/month and the rate of weight gain assumes that Ag₂S is the only corrosion product.

4.2 ISO 14644-1 (ISO 1999) Classification de la propreté de l'air vs. Concentrations maximales autorisées de particules

Classe ISO	Nombre maximal de particules dans l'air (particules/m ³)					
	Taille des particules (µm)					
	>0.1	>0.2	>0.3	>0.5	>1	>5
Classe 1	10	2	0	0	0	0
Classe 2	100	24	10	4	0	0
Classe 3	1 000	237	102	35	8	0
Classe 4	10 000	2 370	1 020	352	83	0
Classe 5	100 000	23 700	10 200	3 520	832	29
Classe 6	1 000 000	237 000	102 000	35 200	8 320	293
Classe 7				352 000	83 200	2 930
Classe 8				3 520 000	832 000	29 300
Classe 9					8 320 000	293 000

Note: Les incertitudes liées au processus de mesures exigent que les données utilisées pour déterminer le niveau de classification n'aient pas plus de trois (3) chiffres significatifs.

4.3 Classification des filtres selon le Standard ANSI / ASHRAE 52.2 P et équivalence avec la norme EN 779 2002

Catég.	Classe	Efficacité minimum (E _{min}) dans la plage des diamètres des particules (%)			Capacité de rétention std. 52.1 (%)	Perte de charge finale (Pa)	EN 779 2002
		0,30 - 1,14 (µm)	1,14 - 3,46 (µm)	3,46 - 10,0 (µm)			
Grossière	MERV 1	-	-	E _{min} <20	A _{avg} <65	150	G1
	MERV 2	-	-	E _{min} <20	65<A _{avg} <70	150	G2
	MERV 3	-	-	E _{min} <20	70<A _{avg} <75	150	G3
	MERV 4	-	-	E _{min} <20	75<A _{avg}	150	G4
Faible efficacité	MERV 5	-	-	20 < E _{min} < 30	-	150	-
	MERV 6	-	-	30 < E _{min} < 45	-	150	-
	MERV 7	-	-	45 < E _{min} < 65	-	150	-
	MERV 8	-	-	65 < E _{min} < 80	-	150	-
Efficacité moyenne	MERV 9	-	E _{min} < 30	80 < E _{min}	-	250	F5
	MERV 10	-	30 < E _{min} < 45	80 < E _{min}	-	250	F5
	MERV 11	-	45 < E _{min} < 65	80 < E _{min}	-	250	F6
	MERV 12	-	65 < E _{min} < 90	80 < E _{min}	-	250	F6
Haute efficacité	MERV 13	E _{min} < 65	90 < E _{min}	90 < E _{min}	-	350	F7
	MERV 14	65 < E _{min} < 85	90 < E _{min}	90 < E _{min}	-	350	F8
	MERV 15	85 < E _{min} < 95	90 < E _{min}	90 < E _{min}	-	350	F9

	MERV 16	95 < Emin	90 < Emin	90 < Emin	-	350	F9
--	---------	-----------	-----------	-----------	---	-----	----

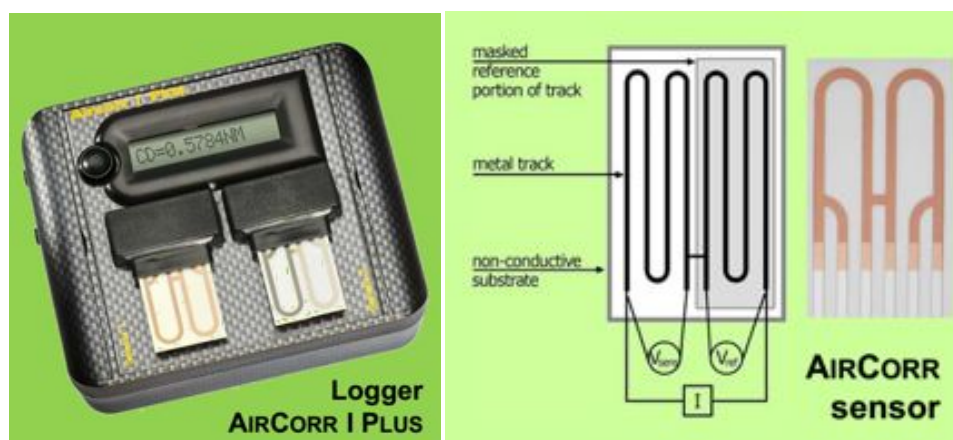
4.4 Niveaux de corrosivité des gaz selon ISA-71.04 (ISA 1985) avec ajout de l'argent (ASHRAE)

Niveaux de corrosivité des gaz selon ISA-71.04 (ISA 1985) avec ajout de l'argent (ASHRAE)

Niveau de sévérité	Cuivre (Å / mois)	Argent (Å / mois)	Description
G1 Mild	< 300	< 200	Environnement suffisamment contrôlé. La corrosion n'est pas un facteur déterminant de la fiabilité des équipements
G2 Moderate	300 - 1000	-	Environnement où les effets de la corrosion sont mesurables et peuvent être un facteur déterminant de la fiabilité des équipements
G3 Harsh	1000 - 2000	-	Environnement où la probabilité de corrosion est très haute
GX Severe	> 2000	-	Environnement dans lequel seulement des équipements spécifiquement étudiés peuvent espérer survivre...

4.5 Monitoring de la corrosivité et de la qualité de l'air

Exemple d'appareil:



4.6 Filtres phase gazeuse

Exemple:

Filtre avec permanganate

Viledon ChemControl Filters of the CCF range provide an optimum solution for integrating chemisorptive filter media into conventional air handling systems. The chemisorptive components are mainly based on permanganate impregnated structures with basis weights of either 500 or 1,000 g per square meter.

The permanganate is highly reactive against acidic gases such as hydrogen sulfide and sulfur oxides, formaldehyde, mercaptanes and other inorganic contaminant gases.

The chemisorptive principle of operation avoids any desorption as it is known with activated carbons which are working on physical adsorption principals. These filters can easily be integrated in air handling units to supply relatively large amounts of make-up air into protected areas such as data centers and microelectronic production facilities. Depending on the concentrations of contaminant gases, the ChemControl Filters can be used in styles with different amounts of chemisorptively active permanganates.



■ [CCF 1000-P-P|CCF 500-P-P](#)



■ [CCF 1000-B-P|CCF 500-B-P](#)