

Réduction du niveau d'empoussièrement et maîtrise aéraulique des chantiers d'amiante

Jean-Michel Chiapello
www.cefasc.eu
 4 déc.2014



1

En présence d'un agent chimique dangereux

- CT - R 4412-69 : lorsque l'application d'un système clos n'est pas réalisable, l'employeur fait en sorte que le **niveau d'exposition des travailleurs soit réduit à un niveau aussi bas qu'il est techniquement possible.**

Objectif poursuivi :
ZERO POUSSIERES D'AMIANTE



2

Objectif de protection de la santé

- Des intervenants (opérateurs, encadrement, sous-traitants, préleveurs, visiteurs)
 Objectif : C = 0, limite : C < 10 F/l avec EPI
- Des intervenants hors zone :
 Objectif : C = 0, limite : C < 5 F/l
- Du voisinage (occupants des locaux adjacents, public, etc.) Objectif : C = 0, limite : C < 5 F/l



3

- CT - R 4412-108 : Afin de **réduire au niveau le plus bas techniquement possible la durée et le niveau d'exposition des travailleurs** et pour garantir l'absence de pollution (...), **l'employeur met en œuvre :**
 - 1° Des techniques et des modes opératoires de réduction de l'empoussièrement...



4

... tels que

- le **travail robotisé** en système clos,
- la **réduction de la volatilité** des fibres d'amiante par **l'imprégnation à cœur des matériaux contenant de l'amiante avec des agents mouillants**,
- le **démontage des éléments** par découpe ou déconstruction;



5

Ce que l'on ne peut plus faire



- Retrait ou manipulation de **MCA présentant des fibres d'amiante libres** sans conditionnement humide préalable
- Démontage, **découpe à sec** sans aspiration de l'air



6

Ce que l'on ne peut plus faire

- Action directe sur un MCA à l'état sec à l'aide d'outils rotatifs rapides ou à percussion, et sans aspiration contrôlée des poussières (marteaux, burineurs, ponceuses, scies, etc.)



Empoussièremement jusqu'à plusieurs 10 000 Fibres / litres

7 CEFASC ENVIRONNEMENT

Travail robotisé en milieu clos

- Avantage : pas d'exposition directe des opérateurs
- Inconvénients :
 - Travaux de finition nécessaires
 - Gestion des déchets
 - Entretien de matériel difficilement décontaminable
 - Niveau de risque pour le voisinage de la zone de travaux inchangé
 - Pas vraiment opérationnel à ce jour

8 CEFASC ENVIRONNEMENT

Les solutions « zéro poussières »

- 1^e : Supprimer la volatilité de l'amiante
- 2^e : Capturer à la source et épurer l'air
- 3^e : Confiner et assainir l'air ambiant

9 CEFASC ENVIRONNEMENT

1. SUPPRIMER LA VOLATILITE

- Réduire la tension superficielle de l'eau pour mouiller les fibres d'amiante > Ajout d'un tensio-actif
- Imprégnation à cœur des MCA poreux
 - Bloque les fibres à l'aide d'un agent mouillant
- Humidification de la surface des MCA non poreux
 - évite les envols lors des démontages et de la manipulation des déchets

10 CEFASC ENVIRONNEMENT

Travail à l'humide

- Avantages :
 - Abaisse efficacement le niveau d'exposition
 - Supprime le risque pour l'ensemble des personnes exposées >> pas de confinement systématique
 - Facilite ou supprime les opérations de nettoyage final
- Nécessite :
 - Un temps de préparation (imprégnation)
 - Le nettoyage soigné des surfaces traitées avant qu'elles sèchent
 - Du personnel bien formé

11 CEFASC ENVIRONNEMENT

Travailler à l'humide

- Contre-indications :
 - Installations devant rester sous tension
 - Présence de produits chimiques incompatibles avec l'eau

-> Cas exceptionnels

12 CEFASC ENVIRONNEMENT

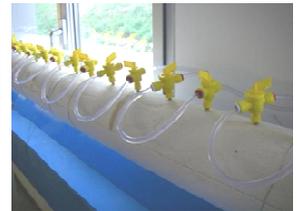
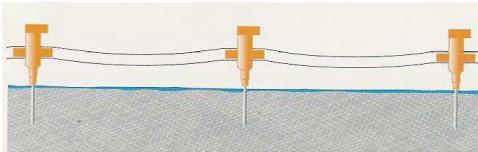
Pulvérisation en surface



Protection de surface étanche



Imprégnation à cœur à l'aide d'aiguilles



Système Safestrip

16 CEFASC ENVIRONNEMENT

Imprégnation à cœur à l'aide d'aiguilles

- Doit permettre d'imprégner les MCA poreux sur toute leur épaisseur
- L'imprégnation doit se faire par capillarité et non par injection forcée
- Répartition homogène des aiguilles

17 CEFASC ENVIRONNEMENT

2. CAPTER ET EPURER L'AIR

18 CEFASC ENVIRONNEMENT

Production d'aérosols d'amiante

- Retrait par :

- Burinage
- Ponçage
- Fraisage
- Découpe au disque

Campagne META :
Forts
empoussièrments



CEFASC
ENVIRONNEMENT

Objectifs et moyens imposés

- Art. R4412-109 – Au cours de la phase de préparation de l'opération, **l'employeur met en place les moyens de protection collective adaptés à la nature des opérations à réaliser permettant d'éviter la dispersion de fibres d'amiante en dehors de la zone de travail et d'abaisser la concentration en fibres d'amiante au niveau le plus bas techniquement possible.**

20 CEFASC
ENVIRONNEMENT

CT Article R 4412-109

Ces moyens comprennent :

- 1° **L'abattage des poussières**
- 2° **L'aspiration des poussières à la source**
- 3° **La sédimentation continue des fibres en suspension dans l'air**
- 4° **Les moyens de décontamination appropriés**

21 CEFASC
ENVIRONNEMENT

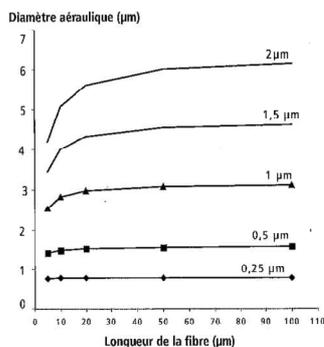
Vitesse de sédimentation

Dp (µm)	Dae (µm)	Vs (cm/s)	Dp (µm)	Dp (µm)	Vs (cm/s)
1	1,61	0,01	8	12,90	0,51
2	3,22	0,03	9	14,51	0,64
3	4,84	0,07	10	16,12	0,79
4	6,45	0,19	20	32,25	3,14
5	8,06	0,20	30	48,37	7,05
6	9,67	0,29	40	64,5	12,52
7	11,29	0,39	50	80,62	19,56

Billes de verre, (Witschger, 1996)

22 CEFASC
ENVIRONNEMENT

Diamètre aéraulique des fibres



23 CEFASC
ENVIRONNEMENT

Comportement des fibres dans l'air

- Les fibres d'amiante restent en suspension dans l'air
- Elles suivent les mouvements d'air

>> **les fibres dangereuses ne sédimentent jamais**

>> **Il faut capter l'air chargé de poussières et l'épurer avant de le rejeter**

24 CEFASC
ENVIRONNEMENT

Le captage de l'air et des poussières

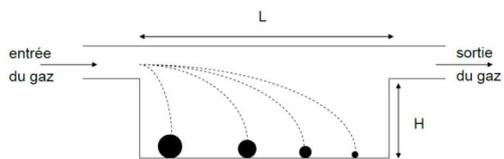
- Captage au plus près de la source d'émission
- Création d'un confinement local dynamique
- Surveiller de la dépression dans ce confinement



Remarque : on n'épure que l'air que l'on capte

EPURATION DE L'AIR

Chambre de sédimentation

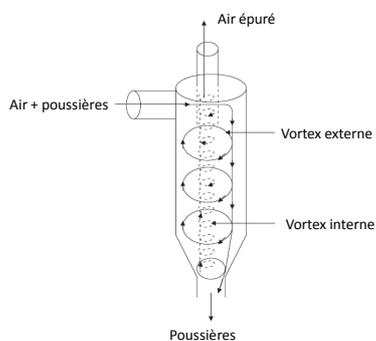


Utilise la force de gravité
Faible efficacité si $D < 100 \mu\text{m}$
Encombrant
Non adapté pour les particules ultrafines

Amélioration des performances

- Force centrifuge
 - Cyclones
- Augmentation de la taille des particules
 - Capture par des gouttelettes liquides
 - Par agglomération
- Filtration

Cyclone



Cyclone

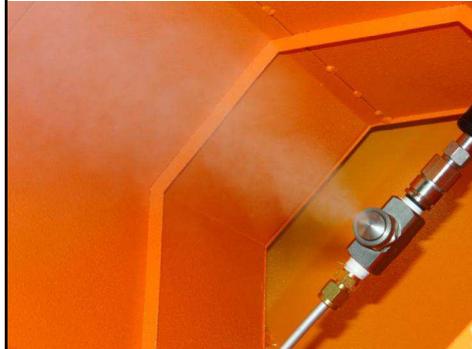
Brumisation

Pulvérisation de fines gouttelettes d'eau pour augmenter la pression partielle de vapeur de l'air

>> *Condensation d'eau sur les aérosols* >> *Sédimentation*

31 

Brumisation en zone confinée

32 

Brumisation

Taux de saturation : $S = p/p^*$

Si S est trop élevé -> formation de gouttelettes

>> **colmatage des filtres**

*Pression de vapeur saturante : $\log_{10} p_s = 8,11 - 1750/(t+235)$

33 

Abattage des poussières à l'eau

D : diamètre gouttelette

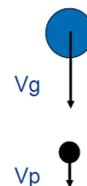
V_g : vitesse gouttelette

V_r : vitesse relative de la gouttelette et de la particule $V_r = V_g - V_p$

V_p : vitesse particule = vitesse de sédimentation V_s

L'efficacité augmente quand :

- D diminue
- V_r augmente
- la tension de surface baisse

34 

Humidification en extérieur



Source : Dehaco

35 

Brumisation du milieu ambiant

- Risques associés
 - Dispersion de produit
 - Entrainement des polluants et contamination des surfaces
 - Poussières collantes difficiles à éliminer
- En extérieur :
 - Dispersion des polluants
- En zone confinée :
 - Risque de colmatage accéléré des filtres (extracteurs, aspirateurs et APR)

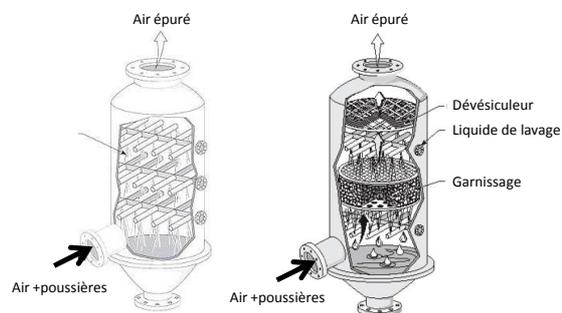
36 

Laveurs humides

- Traitement de l'air en milieu clos
- Mécanismes de capture des poussières :
 - par impaction sur une paroi humide (colonne à plateaux, à garnissage...)
 - par collision (impaction) avec une dispersion de gouttelettes de liquide injectées dans l'air (pulvérisation)

37 CEFASC ENVIRONNEMENT

Laveurs humides



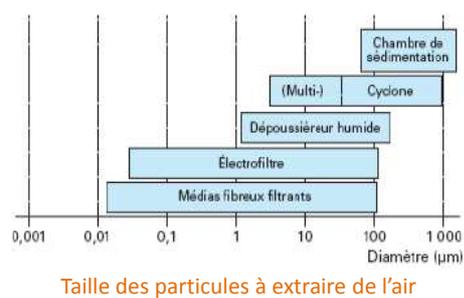
38 CEFASC ENVIRONNEMENT

Laveurs humides

- Transfert des polluants dans l'eau > traitement de l'eau
- >> Risques d'exposition supprimés lors des opérations d'entretien

39 CEFASC ENVIRONNEMENT

Domaines d'utilisation



Taille des particules à extraire de l'air

40 CEFASC ENVIRONNEMENT

Aspirateurs filtrants

- Avantage : excellente efficacité de séparation
 - Inconvénients :
 - Opérations de changement des préfiltres à haut risque d'exposition
 - Colmatage par accumulation de poussières très volatiles
 - Nécessite une zone confinée > pas adapté au niveau 1 et à la sous-section 4
- > on est loin de l'objectif zéro poussières

41 CEFASC ENVIRONNEMENT

Filtration des poussières à sec



Choix de l'aspirateur

- Parties électriques non décontaminables
 - Les **moteurs bypass** refroidis par l'air ambiant restent contaminés et rejettent des poussières



Moteurs refroidis par l'air ambiant contaminé de la zone de travail

43

Choix de l'aspirateur

- Les moteurs **through-flow** doivent pouvoir être retirés avant d'intervenir sur les filtres THE.

> Sinon: contamination des moteurs et des rejets d'air



Source : Numatic

44

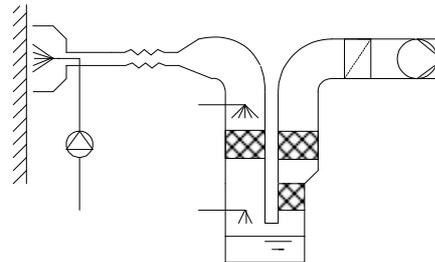
Aspirateurs filtrants

- Pas conçus pour aspirer des **poussières humides**
- Incompatibles avec le travail à l'humide

→ Colmatage rapide des filtres

45

Le procédé d'épuration Captivor



Brevet délivré

46

Ponçage à l'eau avec aspiration



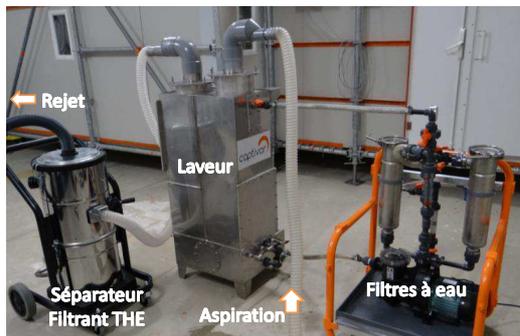
Compatible avec l'objectif zéro poussières

47

Le procédé Captivor

- Permet de capter l'eau les poussières humides
- Transfert des poussières dans l'eau
 - Pas d'émission de fibres dans l'air
 - Filtration et recyclage de l'eau
- Séparation des gouttelettes
 - Filtration terminale sans colmatage par l'eau
- Pas de changement de filtres sur site
 - Pas d'opérations d'entretien dangereuses

48



49 CEFASC ENVIRONNEMENT

Applications visées

- Ponçage à l'humide (colles, enduits, peintures)
- Découpes à l'humide en extérieur (béton, enrobés routiers)
- Opérations de fraisage et carottages à l'eau
- Décapage au jet d'eau HP

50 CEFASC ENVIRONNEMENT

Nettoyage des surfaces

- Les nano et microparticules adhèrent aux surfaces (forces de Van der Waals)
 - > On ne nettoie jamais complètement les surfaces par aspiration à sec
- Les surfaces rugueuses ne sont pas décontaminables à 100 %
- Il est plus efficace de nettoyer les surfaces à l'humide (essuyage à la lingette, jet d'eau)

51 CEFASC ENVIRONNEMENT

Nettoyage à l'eau HP



CEFASC ENVIRONNEMENT

3 . REDUCTION DU NIVEAU D'EXPOSITION PAR DILUTION DE L' ATMOSPHERE DE TRAVAIL

53 CEFASC ENVIRONNEMENT

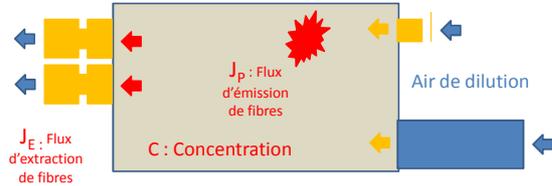
Objectifs et moyens imposés

- R 4412-108 : Afin de réduire au niveau le plus bas techniquement possible la durée et le niveau d'exposition des travailleurs et pour garantir l'absence de pollution des bâtiments, équipements, structures, installations dans lesquels ou dans l'environnement desquels les opérations sont réalisées, l'employeur met en œuvre :
 -
 - 2° Les mesures nécessaires de confinement et de limitation de la diffusion des fibres d'amiante à l'extérieur de la zone des opérations, notamment en mettant à disposition des travailleurs les moyens de décontamination appropriés (...)

54 CEFASC ENVIRONNEMENT

Dimensionnement de la ventilation

Q : débit d'air extrait



A l'équilibre : $J_E = Q \times C = J_p$
 >>> mesure de J_p

Taux de renouvellement d'air neuf

- Débit de dilution nécessaire :

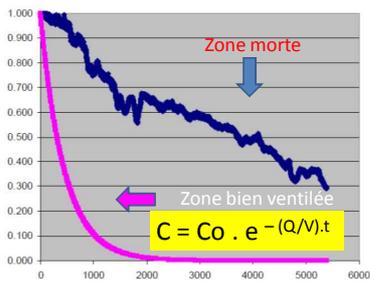
$$Q = J_p / C$$

- Taux de renouvellement :

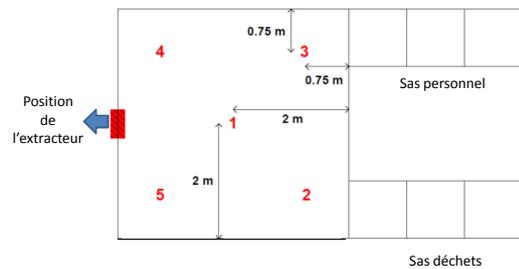
$$T = Q/V = J_p / C.V$$

>> Intérêt de réduire la production à la source

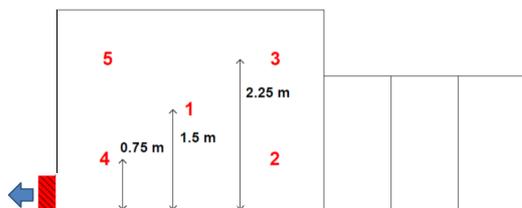
Evolution de la concentration



Etude HSE RR 988 (2013)



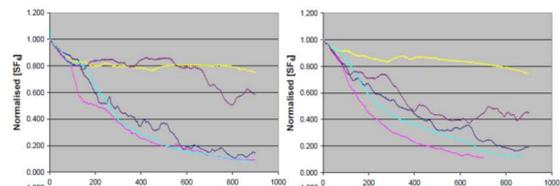
Position des analyseurs de SiF₆



Renouvellement 8 fois / heure

1 sas

2 sas

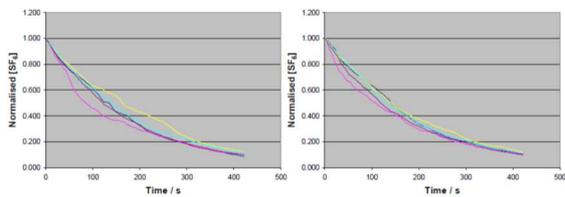


— Pos 1 — Pos 2 — Pos 3 — Pos 4 — Pos 5

Renouvellement 19,5 fois / heure

1 sas

2 sas



— Pos 1 — Pos 2 — Pos 3 — Pos 4 — Pos 5

61 CEFASC ENVIRONNEMENT

Maîtrise du renouvellement d'air

- Connaître les débits d'entrée d'air en fonction de la dépression
- Maîtriser la dépression
- Dimensionner les extracteurs sur le débit minimum tolérable filtres encrassés
- Connaître les courbes Débit/Pression pour la vitesse de rotation du ventilateur
- Suivi de l'encrassement des extracteurs

62 CEFASC ENVIRONNEMENT

Remplacement des préfiltres



63 CEFASC ENVIRONNEMENT

Maîtrise de la dépression

- Lorsque les extracteurs ont des filtres non encrassés, la dépression est trop forte
- 2 Modes de régulation pratiqués :
 - Réduction de la vitesse des extracteurs
 - Difficile à maîtriser
 - Augmente la concentration en zone
 - Ouverture d'une entrée d'air de réglage
 - Diminue la concentration dans la zone
 - Répond à l'obligation réglementaire de réduire techniquement l'exposition

64 CEFASC ENVIRONNEMENT

Entrée de réglage automatique de la dépression



65 CEFASC ENVIRONNEMENT

Extracteur contrôlé à distance

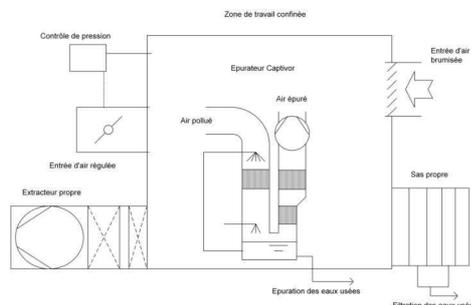


66 CEFASC ENVIRONNEMENT

Intérêt de sur-ventiler la zone

- Réduction de l'exposition aux fibres d'amiante avec le matériel en place
- Suppression des zones mortes
- Répartition plus homogène de la poussière
- Moins d'erreur sur les mesures d'empoussièrement
- Il est préférable de faire fonctionner aussi l'extracteur de secours

Epurateur Captivor utilisé en recycleur d'air



Centrale de contrôle et de commande



Centrale de contrôle et de commande

- Enregistre la dépression
- Commande les entrées de réglage
- Commande la puissance des extracteurs
- Enregistre l'encrassement des filtres (pdc)
- Transmet les données par email (tableur)
- Transmet les alarmes par sms
- Permet au conducteur de travaux de contrôler le bilan aéraulique à distance et de conseiller ses équipes

Merci de votre attention

www.cefasc.eu