



05

AÉRAULIQUE

DES CHANTIERS

SOUS CONFINEMENT



PRÉFACE

La direction générale du travail (DGT) est heureuse de voir se concrétiser le projet des règles techniques relatives aux travaux de retrait ou d'encapsulage d'amiante ou de matériaux, équipements ou matériels en contenant, communément appelés travaux de la « sous-section 3 ».

Ce projet est issu du plan de recherche et développement amiante (PRDA), soit l'un des trois programmes prioritaires décidés par l'Etat en décembre 2014 en vue d'appuyer le développement et l'essor des actions en faveur de la rénovation des bâtiments et de l'efficacité énergétique. Lancé le 30 juin 2015 pour une durée de 3 ans, le PRDA a été doté de fonds gérés par le ministère du logement afin d'accélérer l'innovation dans l'identification et la mesure de l'amiante, les techniques de traitement des matériaux et produits amiantés en place ainsi que la gestion des déchets amiantés.

La réalisation de ce projet a été pilotée par les représentants des métiers de la filière du traitement de l'amiante et des autres polluants particuliers (SYRTA et SEDDRé), qui contribuent à la dépollution des lieux de vie et de travail. Les entreprises de ce secteur d'activité agissent ainsi au quotidien pour éradiquer un composant extrêmement dangereux d'un très grand nombre de matériaux et produits mis en œuvre en France jusqu'en 1997, dans une multitude de secteurs d'activité comme le bâtiment, les immeubles non bâtis (tels que les infrastructures de transport, les réseaux et les ouvrages de génie civil), l'industrie, les navires, les matériels roulants ferroviaires et les aéronefs.

Ce projet a permis aux professionnels des métiers du traitement de l'amiante de rapprocher leur expérience du terrain et leurs connaissances des besoins et contraintes liées à cette thématique pour concevoir, ensemble, une véritable collection de documents de bonnes pratiques techniques de référence. Véritables « DTU » balayant les différents aspects des opérations de retrait ou d'encapsulage d'amiante, de leur préparation jusqu'à la restitution des zones ayant donné lieu à travaux, ils fournissent à l'ensemble des acteurs des entreprises de traitement de l'amiante, qu'ils soient opérateurs,

encadrants de chantier, encadrants techniques ou chefs d'entreprise, un véritable outil de travail et de progression de leurs compétences et constituent, ce faisant, un formidable moyen de transmission de leurs savoir-faire. Ces documents techniques de « bonnes pratiques » s'articulent ce faisant avec le dispositif réglementaire, encadrant la réalisation des travaux de traitement de l'amiante, et avec les guides, fascicules et recommandations élaborés par les préventeurs sur ce sujet.

Ces règles techniques afférentes aux travaux de retrait ou d'encapsulage d'amiante s'inscrivent également tout naturellement dans le prolongement des trois titres professionnels du désamiantage publiés par voie d'arrêtés en date du 20 juillet 2018, signés par le ministère chargé du travail, notamment les titres professionnels de technicité supérieure qui seront le vecteur naturel de diffusion desdites règles dans un objectif de montée en compétence des professionnels, d'homogénéisation des pratiques et d'attractivité de ce secteur d'activité. **En outre, grâce à ces règles techniques, différents publics tels que les formateurs, les maîtres d'œuvre, ou les organismes de certification disposent désormais de références techniques expertisées et harmonisées sur les travaux de retrait et d'encapsulage d'amiante, ancrées dans la réalité des chantiers et respectueuses de la réglementation en vigueur.**

La publication de ces règles techniques constitue donc une avancée notable, non seulement pour les entreprises prenant en charge des travaux de retrait ou d'encapsulage, mais plus généralement pour tous les acteurs s'intéressant à cette thématique et contribue assurément à atteindre les objectifs de santé et de sécurité poursuivis par les pouvoirs publics au premier chef desquels : le ministère du travail.



Pierre RAMAIN
Directeur Général
du Travail

MOT D'OUVERTURE

Nous sommes particulièrement fiers et heureux de présenter la Collection des "Règles Techniques de Sous-Section 3 !" Ce projet ambitieux, extrêmement prenant pour nos deux organisations de 2018 à 2021, mais exaltant par sa portée et son impact, a bénéficié du soutien du Ministère du Logement au travers du Plan de Recherche et Développement Amiante, le PRDA.

La genèse du projet

En 2017, la profession interroge le PRDA sur la possibilité d'intégrer un projet de rédaction de "DTU" (*Documents Techniques Unifiés, documents de référence pour de nombreux corps de métier du bâtiment*) de l'amiante dans son périmètre.

Le PRDA réserve un accueil favorable à cette idée. Les autorités, la Direction Générale du Travail notamment, encouragent ce projet des organisations représentatives du secteur (SYRTA et SEDDRé/FFB). Le projet est déposé en 2018 et validé par le PRDA.

Un Projet innovant

Il n'existe pas dans le domaine du traitement l'amiante de documents techniques généraux issus du rapprochement des expériences terrain et des bonnes pratiques, conçus, expertisés et validés par les parties prenantes, conformes à la réglementation "amiante".

L'élaboration de Règles Techniques de SS3 contribue donc à l'accélération de l'évolution et de la modernisation du secteur.

Le projet de Règles Techniques de Sous-Section 3 est cohérent avec la recherche d'élévation des compétences de la filière soutenue par les Plans Interministériels Amiante successifs.

Une place importante dans le dispositif professionnel

Les professionnels ressentaient le besoin impérieux de disposer de références de "bonnes pratiques" car le contexte réglementaire "amiante" est foisonnant et complexe et qu'il était important d'en harmoniser la traduction concrète et d'en limiter les interprétations parfois divergentes des différents acteurs de la filière.

L'objectif central du SYRTA et du SEDDRé est, grâce aux Règles techniques de Sous-Section 3, de permettre aux entreprises de se concentrer sur le "geste métier" adapté, rigoureux, qualitatif, sans réduire cette recherche à son cadre formel. Les Ministères du Travail, de la Santé et du Logement nous ont également témoigné de leur

conviction que "ces règles techniques SS3" constituent un maillon important pour donner des références techniques communes et conformes à la réglementation à toute la filière.

Elles sont en effet élaborées par les professionnels sur la base de leurs pratiques mises en œuvre depuis plus de 20 ans et contiennent des informations très techniques qui ne figurent pas dans d'autres ouvrages, de prévention des risques par exemple.

Elles trouveront naturellement leur place dans le corpus des documents de référence du secteur en tant que "bonnes pratiques professionnelles" permettant de parvenir aux obligations de moyens et de résultats de la réglementation.

Une méthodologie "ouverte" et collaborative, de l'élaboration à la publication

Grâce à un processus "charté" et validé par les 2 partenaires en amont (Charte rédactionnelle, Plan-type, Process d'élaboration et de validation), les Règles Techniques de Sous-Section 3 cumulent la richesse de nombreuses expériences et la rigueur d'un cadre harmonisé. L'Organisation du projet est collaborative et vise à la co-construction : des pilotes "sachants", des instances mixtes qui ont validé par étapes la construction et la rédaction des règles jusqu'à l'approbation finale par un Comité Institutionnel, un grand nombre de rédacteurs et de relecteurs issus d'une grande diversité d'entreprises de la filière, et la mise en commun de moyens entre le SYRTA et le SEDDRé pour diffuser des documents de qualité mais accessibles.

Un travail à poursuivre

Ce travail doit être poursuivi car il concrétise le rapprochement de points de vue des différents acteurs de la filière, tout en assurant le plus de sécurité possible aux salariés et aux tiers intervenants, aux entreprises comme aux organismes de contrôle et de certification.

Nous vous souhaitons une excellente découverte de nos 14 Règles Techniques de Sous-Section 3 !



Michel BONFILS
Président
du SYRTA



Olivier NICOLE
Président de
la Commission
Désamiantage
du SEDDRé

COLLECTION DES RÈGLES TECHNIQUES DE SOUS-SECTION 3



RT00
Introduction aux règles techniques de sous-section 3 et définitions



RT01
Informations et conséquences techniques à tirer de l'analyse du Repérage Avant Travaux



RT02
Contenus techniques indispensables du PRE (Analyse des Risques)
EN COURS D'ÉLABORATION



RT03
Installations et opérations nécessaires à la bonne marche du chantier de retrait



RT04
Systèmes de confinement évitant la dispersion de fibres d'amiante



RT05
Aérodynamique des chantiers sous confinement



RT10
Entrée-Sortie et décontamination des personnels, des matériels et des déchets



RT06
Maîtrise des Appareils de Protection Respiratoires (APR)



RT07
Maîtrise de l'Adduction d'Air Respirable



RT08
Techniques de diminution des empoussièrtements en zone de travail



RT09
Retrait de matériaux et/ou techniques de retrait fortement émissifs



RT11
Métrologie : bonnes pratiques et points de vigilance pour faire des mesures d'air "efficaces" sur les chantiers



RT13
Dispositions de fin de chantier



RT12
Conditionnement, évacuation, entreposage temporaire et chargement des déchets de chantiers



RT14
Règles techniques d'Installations Fixes de traitement de MPCA



05

**Aéraulique
des chantiers sous
confinement**

PRÉSENTATION

Objectifs de la règle

Définir les moyens à mettre en œuvre, les contrôles et adaptations à réaliser permettant d'assurer l'assainissement permanent de l'air de la zone de travail, d'éviter la propagation de la pollution de la zone de travail vers l'extérieur.

SOMMAIRE

Présentation	5
Objectifs de la règle	5
Environnement de cette règle	6
Domaine d'application RT05	6
Exigences réglementaires de cette règle	7
Définitions essentielles	8
Mise en œuvre	9
Préambule	10
Principes élémentaires de ventilation	11
Matériel et équipement requis	14
Installations de décontamination	14
Extracteurs	14
Contrôleur de dépression	15
Entrées d'air	15
Anémomètre	17
Bonnes pratiques de conception des matériels et équipements	17
Dimensionnement de l'aéraulique	18
Conception de l'aéraulique: Exemple A	19
Calcul de l'aéraulique: Exemple A	24
Points spécifiques	31
Traitement des zones mortes	31
Zone de travail en hauteur	31
Effet dynamique / du vent	31
Variation du volume de la zone de travail	32
Mise en œuvre sur le chantier	32
Bonnes pratiques de mise en œuvre des installations	32
Mise en service et contrôle avant démarrage des travaux	34
Fonctionnement de l'installation	36
contrôle	37
Procédures et moyens de contrôle d'exécution	38
Entretien, maintenance, décontamination	41
ANNEXES	42



Domaine d'application RT05

Concerne les interventions en zone de travail sous dépression contrôlée.

- Mise en œuvre de la dépression ;
- Maîtrise du taux de renouvellement ;
- Assainissement de la zone : homogénéité du renouvellement d'air de la zone de travail ;
- Prise en compte des flux d'air dans les installations de décontamination ;
- Maintien / sauvegarde de la dépression : dispositif de secours ;
- Contrôles : test fumée, dysfonctionnements.

ENVIRONNEMENT DE CETTE RÈGLE

Cette règle est en lien avec les règles :

RÈGLE

RT02 : Contenus techniques indispensables du PRE (Analyse des Risques)

RT03 : Installations et opérations nécessaires à la bonne marche du chantier de retrait

RT04 : Systèmes de confinement évitant la dispersion de fibres d'amiante

RT10 : Entrée-Sortie et décontamination des personnels, des matériels et des déchets

RT14 : Règles techniques d'installations fixes de traitement de MPCA

LIEN

Dans quel cas établir un avenant au plan de retrait en cas de modification du schéma de zone.

Installation électrique : équipements raccordés à l'alimentation électrique secourue.

Réalisation du test de fumée.
Le test de fumée a des objectifs différents selon la règle.
Test "statique" : RT04 ;
- Test "dynamique" : RT05 (Présente règle),
Recours à la ventilation en phase de confinement.
Reprise de confinement suite à curage.

Caractéristiques des installations en fonction des contraintes du chantier.
Dimensions des installations en fonction des dimensions des déchets. Positionnement des installations en prenant en compte les cheminements.
Aéraulique des installations de décontamination, y compris installations mobiles de décontamination.

Spécificités des installations aérauliques dans des installations fixes.



Exigences réglementaires de cette règle

Les exigences réglementaires relatives à l'aéraulique se trouvent à la fois dans les dispositions applicables aux lieux de travail, avec la nécessité d'assainir et aérer ces locaux ; ainsi que dans les dispositions spécifiques des risques d'exposition à l'amiante, afin d'abaisser la concentration des fibres dans l'air et d'éviter la dispersion en dehors de la zone.

EXIGENCES RÉGLEMENTAIRES

ORIGINE

AÉRATION DES LOCAUX

Dans un local où l'aération est assurée par ventilation mécanique, un débit minimal d'air neuf est à introduire par occupant.

Code du travail - Partie réglementaire Quatrième partie : Santé et sécurité au travail
Livre II : Dispositions applicables aux lieux de travail
Titre II : Obligations de l'employeur pour l'utilisation des lieux de travail
Chapitre II : Aération, assainissement

CONFINEMENTS

Afin de 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 oeuvre les mesures nécessaires de confinement et de limitation de la diffusion des fibres d'amiante à l'extérieur de la zone des opérations.

Code du travail - Partie réglementaire Quatrième partie : Santé et sécurité au travail
Livre IV : Prévention de certains risques d'exposition
 Titre 1^{er} : Risques chimiques
Chapitre II : Mesures de prévention des risques chimiques
 Section 3 : Risques d'exposition à l'amiante
 Sous-section 2 : Dispositions communes à toutes les opérations comportant des risques d'exposition à l'amiante
 Paragraphe 4 : Principes et moyens de prévention

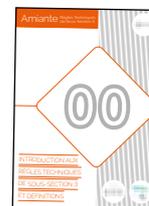
L'employeur doit intégrer au PDRE un bilan aéraulique prévisionnel afin de prévoir et de dimensionner le matériel nécessaire à la maîtrise des flux d'air.

Code du travail - Partie réglementaire Quatrième partie : Santé et sécurité au travail
Livre IV : Prévention de certains risques d'exposition
 Titre 1^{er} : Risques chimiques
Chapitre II : Mesures de prévention des risques chimiques
 Section 3 : Risques d'exposition à l'amiante
 Sous-section 3 : Dispositions spécifiques aux travaux d'encapsulation et de retrait d'amiante ou d'articles en contenant
 Paragraphe 4 : Plan de démolition, de retrait ou d'encapsulation

DÉFINITIONS ESSENTIELLES

utilisées par cette règle

Les définitions communes à d'autres règles techniques sont définies dans la règle " Définitions utilisées dans Les Règles Techniques de Sous-Section 3".



Zone élémentaire : Zone délimitée physiquement (cloisons, plancher...) ou virtuellement dans laquelle on dimensionnera un apport en air en vue d'assurer le taux de renouvellement visé et de façon homogène. Cette zone ne doit pas comporter d'obstacle au flux d'air.

La zone de travail est découpée en autant de zones élémentaires que nécessaire.

NOTA : Certains éléments présents dans une pièce, tels que des recoins, des cloisonnements, des décrochements peuvent modifier l'aéraulique et donc justifier qu'une pièce soit découpée en deux ou plusieurs zones élémentaires.

Zone morte : Zone où l'on observe l'absence de flux de l'air ou un renouvellement d'air insuffisant.

Barrière statique : Au sens de la règle RT04, séparation physique de la zone de travail vis-à-vis de l'environnement extérieur permettant de supprimer les échanges d'air entre l'intérieur de la zone de travail et l'extérieur. Cette séparation est étanche au passage de l'air et de l'eau.

Test de fumée : Test permettant de s'assurer que la dépression créée à l'intérieur d'une zone empêche tout échange d'air vers l'extérieur de cette zone et de vérifier l'absence de zones mortes y compris dans les installations de décontamination.

Barrière dynamique : Au sens de la présente règle, vitesse d'air empêchant un transfert de pollution entre deux volumes d'air indépendants mais reliés par une ouverture. Plus la distance séparant les deux volumes est faible, plus cette vitesse doit être élevée pour que la barrière dynamique soit efficace.

Entrée d'air maîtrisée : L'ensemble des entrées d'air connues et calibrées entrant dans la composition de l'installation d'assainissement : installations de décontamination, entrées d'air de réglage, entrées d'air de compensation.

- Entrée d'air de compensation maîtrisée (EACM) : Dispositif passif et calibré, permettant, sous l'influence d'une dépression dans la zone, le passage de l'air de l'extérieur vers l'intérieur de la zone
- Entrée d'air de réglage (EAR) : Entrée d'air maîtrisée équipée d'un obturateur réglable permettant d'ajuster

le débit d'air de 0 à 100 % de sa capacité nominale

Extracteur : Equipement électrique permettant de prélever de l'air d'une zone polluée et de le rejeter filtré dans une autre zone. L'extracteur contribue ainsi à l'assainissement de l'air et à la création de la dépression de la zone polluée. Il est constitué :

- D'un moteur électrique animant une hélice ou une roue à aube ;
- D'une série de filtres à air en amont – dans le sens d'écoulement de l'air – dont a minima un filtre à très haute efficacité de type HEPA de classe H13 ou H14 – appelé aussi filtre absolu ;
- D'organes de commande et de contrôle (manomètre d'encrassement des filtres).

Le tout est monté dans un caisson étanche à l'air. Des pièces de raccordement sont prévues en amont et en aval pour le montage des filtres et respectivement le raccordement de gaines de rejet d'air.

Recycleur : Extracteur installé à l'intérieur d'une zone de travail et rejetant à l'intérieur de cette même zone.

Taux de fuite (INRS) : Le taux de fuite d'un volume confiné est le nombre de renouvellements par heure de l'atmosphère de ce volume, occasionné par l'apport d'air neuf entrant par les fuites (entrées d'air non maîtrisées).

Taux de renouvellement d'air de la zone (h-1) (INRS) : Ratio entre le débit d'air neuf introduit (m^3/h) par les entrées d'air de compensation maîtrisées et les installations de décontamination et le volume (m^3) de la zone de travail considérée. Il correspond au taux de renouvellement d'air dans la zone tel que fixé dans la réglementation.





05

**Aéraulique
des chantiers sous
confinement**

MISE EN ŒUVRE

◆ Préambule

Le confinement d'une zone de travail consiste à l'isoler physiquement de l'environnement extérieur pour éviter la dispersion de la pollution vers l'extérieur.

La mise en dépression de la zone permet d'éviter la migration du polluant vers l'extérieur du confinement.

Le renouvellement de l'air de la zone (ou l'assainissement) permet d'abaisser l'empoussièrement ambiant produit lors des travaux de retrait dans la zone de travail par dilution. Il est obtenu par la mise en œuvre d'entrées d'air neuf et d'extraction d'air pollué.

Pour que le confinement remplisse sa fonction d'isolement vis-à-vis de l'environnement, il doit répondre aux objectifs d'étanchéité et d'aéraulique. Les moyens permettant d'atteindre le premier objectif sont présentés dans la règle technique n°4.

A la différence de la dépression qui est facilement mesurable, contrôlable, le renouvellement de l'air de la zone doit lui aussi, être bien contrôlé, vérifié, valorisé. La traçabilité des contrôles de l'aéraulique est nécessaire mais n'est pas suffisante. Il est indispensable d'avoir une bonne maîtrise technique de l'aéraulique d'un chantier, dès sa conception puis dans sa mise en œuvre et son suivi.

Le seul respect des valeurs de la dépression n'est pas garant d'une bonne maîtrise de l'aéraulique. Il est en effet possible d'obtenir de bonnes valeurs de dépression sans aucun renouvellement d'air, comme un bon taux de renouvellement sans atteindre la dépression souhaitée.

Cette règle présente les outils permettant à l'encadrant technique de dimensionner et de positionner les équipements et à l'encadrant chantier de les mettre en œuvre, de contrôler et de corriger, le cas échéant, les différents paramètres.

L'employeur doit s'assurer que le niveau de compétence de l'encadrement technique et de chantier est en adéquation avec la complexité du chantier.

NOTA : Les éléments techniques précisés dans cette règle recensent les pratiques des entreprises au regard des exigences réglementaires en vigueur au moment de la rédaction. Les entreprises sont invitées aussi à tenir compte de l'évolution des matériels et des techniques qui contribuent à améliorer la maîtrise de l'assainissement des zones de travail en désamiantage. En particulier les entrées d'air qui présentent les caractéristiques cumulatives suivantes :

- une conception qui permet de résister aux intempéries,
- des clapets anti-retour non déformables,
- des relations entre le débit d'air entrant et la dépression variable qui sont communiquées par le concepteur.

Pour cela, les entreprises pourront s'appuyer utilement sur la démarche proposée dans le guide INRS ED 6307 « Amiante. Aéraulique des chantiers sous confinement »





◆ Principes élémentaires de ventilation

En préambule, commençons par quelques principes élémentaires qui vont permettre de faciliter les bonnes pratiques en matière d'aéraulique de chantier.

Unités usuelles

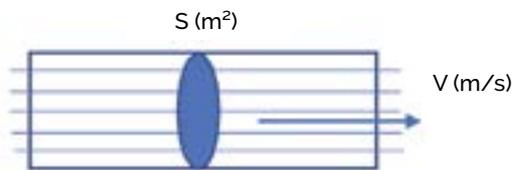
La pression est exprimée en Pascal (Pa). La pression atmosphérique normale au niveau de la mer est de 1013 hecto Pascal (hPa) soit 101300 Pa.

La vitesse de l'air est exprimée en mètre par seconde (m/s).

Le débit d'air est généralement exprimé en mètre-cube par heure (m^3/h).

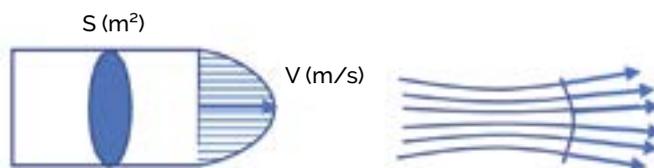
Relation entre vitesse de l'air et débit

Le débit s'exprime comme le produit de la vitesse de l'air V , par la surface de passage S



$$D (\text{m}^3/\text{h}) = 3600 \cdot V \cdot S$$

perpendiculaire à la vitesse.



$$D (\text{m}^3/\text{h}) = C \cdot 3600 \cdot V \cdot S$$

Cas idéal lorsque le profil de vitesse est uniforme ou presque

Dans la réalité, la vitesse peut varier dans la section de passage en intensité ou en direction ce qui complique la relation. Un coefficient correctif C peut permettre une estimation du débit.

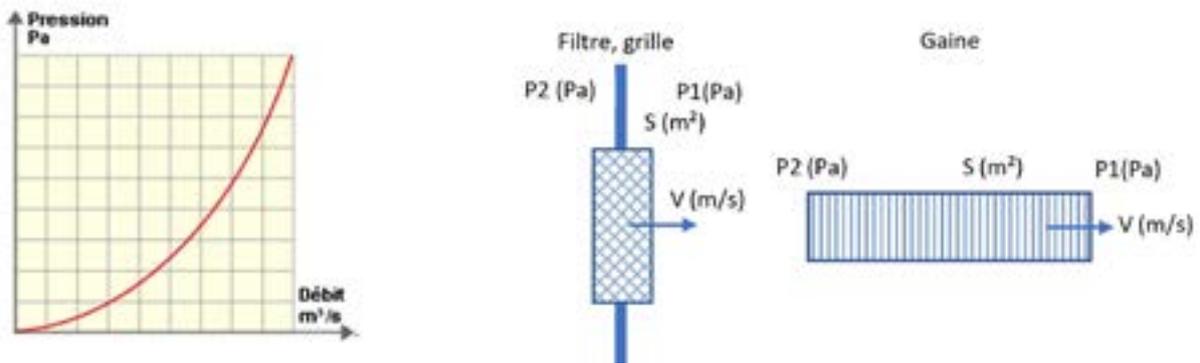
Relation entre la vitesse d'air, le débit et la dépression

La différence de pression entre 2 points ΔP entraîne, lorsqu'il est possible, un écoulement de l'air à la vitesse V , produisant un débit D au travers de la surface S .

$$\Delta P = P_2 - P_1 = k \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^2 = \rho \cdot k \cdot (2 \cdot S^2) \cdot D^2 \text{ et } D = S \cdot V = S \cdot \sqrt{\frac{2}{\rho \cdot k}} \cdot \sqrt{\Delta P}$$

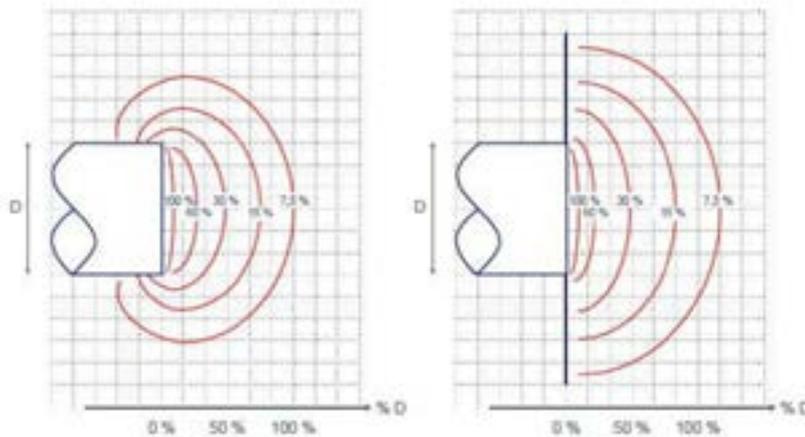
ρ est la masse volumique de l'air: 1,2 g/m³ dans les conditions normales

K est le coefficient de perte de charge de qui dépend de la forme, la taille, la rugosité... de l'orifice ou du conduit

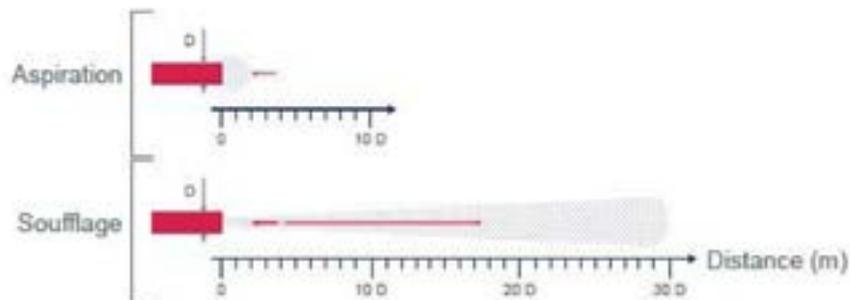


Vitesse de l'air à proximité d'une entrée d'air ou d'un extracteur

Côté aspiration de l'extracteur, la vitesse de l'air chute rapidement à mesure qu'on s'en éloigne.



Dans le cas du soufflage, la vitesse de l'air reste élevée sur une distance importante au regard de la dimension de l'entrée d'air



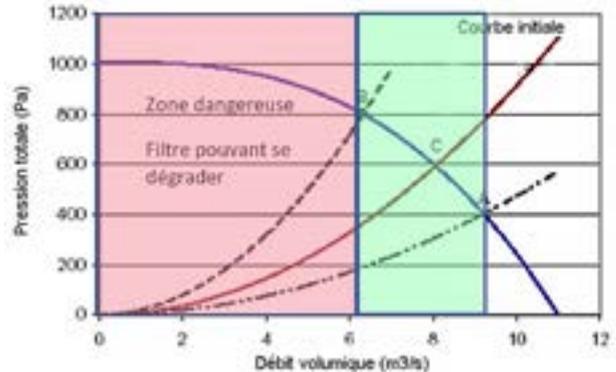
Répartition de la pression dans un local

La dépression à l'intérieur de la zone varie assez peu d'un endroit à l'autre de la zone.

Point de fonctionnement d'un extracteur

Le débit d'un extracteur est un point d'équilibre entre la dépression que peut générer le ventilateur pour forcer l'air à passer dans le filtre. Lorsque le filtre est neuf, le débit est maximal. Lorsque le filtre est chargé au maximum admissible, le débit est minimal. Au-delà, le filtre subit une pression trop forte et risque de se dégrader.

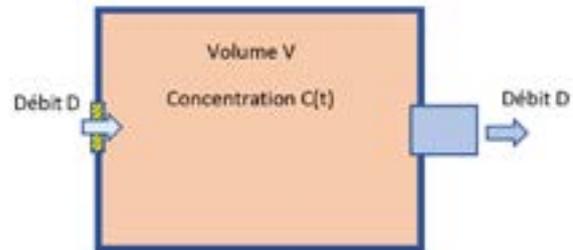
- A Filtres neufs: Dmaxi
- B Filtres chargés: Dmini
- C Filtre en cours de colmatage



Assainissement de l'air de la zone par dilution (hors phénomène de sédimentation)

En supposant une zone confinée de volume V :

- Dans laquelle de l'air neuf entre à un débit équivalent au débit extrait (D) ce qui correspond à un taux de renouvellement N ;
- Sans libération de fibre (travail arrêté) ;
- Dont la concentration part d'une valeur initiale homogène C_0 ;
- Diminue au cours du temps C (t) tout en restant homogène.



$$C(t) = C_0 \cdot \exp(-Nt)$$

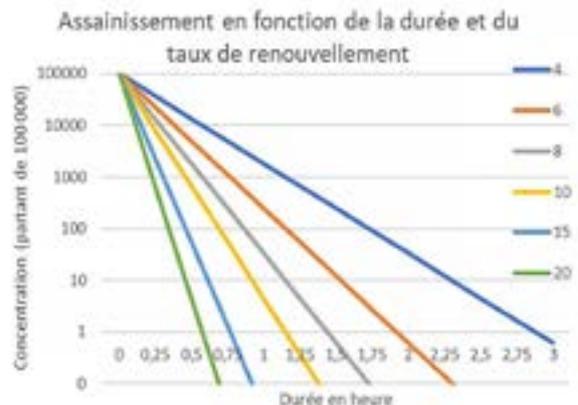
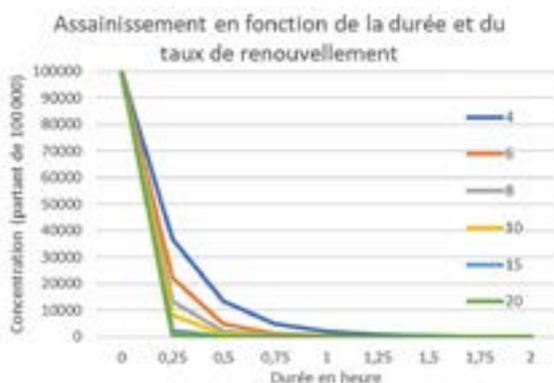
$$N(h-1) = D (m^3/h) / V (m^3)$$

L'empoussièremet suit une décroissance exponentielle (et pas linéaire comme on l'entend parfois) c'est-à-dire qu'il chute très rapidement, puis de moins en moins vite au fur et à mesure qu'il baisse. Cf 1^{er} graphique.

Sur le 2^{ème} schéma, on a représenté en coordonnées logarithmiques la durée nécessaire en fonction du taux de renouvellement. On voit la durée $t_{10} = 2,3/N$ nécessaire pour diviser l'empoussièremet par 10, $t_{100} = 4,6/N$ pour diviser par 100, $t_{1000} = 6,9/N$ pour diviser par 1000, $t_{10m} = 2,3 \cdot m/N$ pour diviser par m.



Plus le taux de renouvellement est important plus l'empoussièremet décroît rapidement.



◆ Matériel et équipement requis

Installations de décontamination

Les caractéristiques et les exigences minimales des installations de décontamination sont décrites dans la RT10.

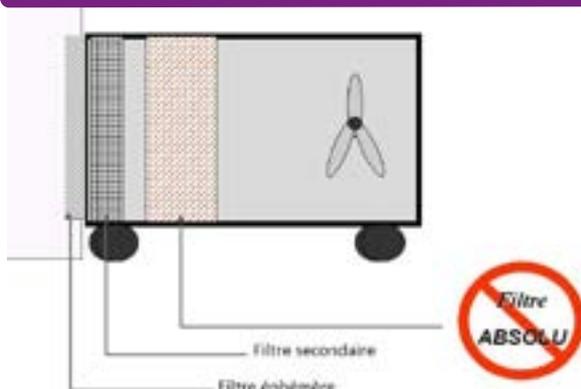


Le dimensionnement des installations de décontamination du personnel doit prendre en compte le nombre d'opérateurs et de personnes extérieures (opérateur de prélèvement, auditeur de certification, agent de contrôle, etc.) étant amenés à sortir de la zone de travail simultanément.

Le dimensionnement des installations de décontamination du matériel et des déchets doit prendre en compte les dimensions et le poids des déchets, ainsi que des matériels à sortir.

Le type et la configuration des installations de décontamination lors du montage aura un impact sur le débit entrant par ces installations.

Schéma en coupe d'un extracteur et positionnement des filtres



Extracteurs

Le choix technique des extracteurs doit prendre en compte la capacité nécessaire aux besoins du chantier et les contraintes de leur implantation. L'entreprise devra également s'assurer que l'extracteur est conforme à la réglementation (test DOP conforme, filtre THE) et qu'il est à même de répondre à la fonction.

L'extraction de l'air est faite par un ventilateur. La filtration est assurée par trois filtres successifs: filtre éphémère (ou pré-filtre), filtre secondaire et un filtre à très haute efficacité (THE) de classe H13 a minima. Dans certains cas exceptionnels (par exemple s'il est impossible techniquement de rejeter l'air à l'extérieur), l'extracteur peut être équipé d'une double filtration THE.

Il existe différents types d'extracteurs, certains fonctionnant en surpression, d'autres non. L'entreprise devra donc être bien vigilante aux caractéristiques techniques des extracteurs utilisés et leur conformité.

Les contraintes du chantier peuvent amener à prendre en compte les critères suivants: puissance électrique,

nuisance sonore, capacité de superposition, rejet latéral ou axial, extracteur ATEX, débit fixe / variable, simple / double filtration THE.

Pour déterminer la plage des débits maximums lorsque les filtres sont neufs et lorsqu'ils sont encrassés, l'entreprise devra se reporter aux abaques du fabricant, tout particulièrement dans le cas de l'utilisation d'extracteurs à débit variable.

Il faut également prendre en considération, notamment dans le cas de l'utilisation d'extracteurs de forte capacité, les aspects liés à la logistique, la manutention, la maintenance, l'encombrement, les accès à la zone...

L'installation des extracteurs doit être complétée par l'utilisation de gaines de rejets pour que le rejet se fasse à l'extérieur.

L'entreprise pourra aussi être amenée à les raccorder à des gaines de prises d'air.



Contrôleur de dépression

Différents modèles de contrôleurs de dépression existent sur le marché.

Ils peuvent être simple ou multi-voie.

Ils doivent a minima être équipés :

- D'un moyen d'affichage et d'enregistrement de la dépression (qui peut être numérique ou papier) ;
- D'un système d'alarme en cas de dépassement de seuil bas et haut, ceux-ci devant être réglables ;
- Un transmetteur téléphonique permettant d'appeler les numéros des personnels d'astreinte afin qu'ils puissent intervenir dans les meilleurs délais. Selon les cas, ils doivent être munis d'une carte SIM adossée à un abonnement à un opérateur téléphonique ;
- Un autocommutateur permettant la mise en route d'un extracteur de secours. Une attention particulière doit être portée au cycle délétère suivant : mise en route de l'extracteur de secours - remontée de dépression - arrêt de l'extracteur - baisse de la dépression - démarrage de l'extracteur.

Entrées d'air

Une entrée d'air est un dispositif permettant le passage, dans un sens, d'un débit d'air connu pour une dépression donnée. Elle est donc caractérisée par une courbe débit-dépression. Elle doit permettre également d'empêcher le passage de l'air dans l'autre sens afin d'éviter un transfert de la pollution de la zone vers l'extérieur en cas de chute de la dépression. Ces fonctions sont généralement assurées par l'un ou l'autre des moyens suivants :

- Tube de diamètre et longueur déterminés muni d'un clapet anti-retour s'ouvrant sous l'effet d'une dépression donnée.
- Préfiltre de caractéristiques connues muni d'un "flap" (film plastique accroché au-dessus et s'appliquant sur la totalité du filtre en cas de chute de pression).

Il faudra s'assurer que l'enregistrement de la dépression continue même en cas de coupure électrique (autonomie de l'appareil). Enfin, il est recommandé de disposer d'une temporisation permettant d'éviter les alarmes intempestives lors de la hausse ou baisse de la dépression de très courtes durées.

Des modèles récents permettent d'asservir une entrée d'air de réglage, ou le débit d'un extracteur. Ces derniers nécessitent un bon niveau de maîtrise du fonctionnement de l'asservissement et son impact sur l'aéraulique de chantier.

Certains modèles de contrôleurs de dépression ont un paramétrage d'alarme par défaut réglés en usine. Il est nécessaire de pouvoir modifier ces paramètres de l'équipement.

Elles peuvent présenter différentes fonctionnalités supplémentaires :

- Fonction coupe-vent dans le cas où une pression dynamique est exercée par le vent ;
- Entrée d'air équipée de grille en cas de risque d'intrusion d'éléments extérieurs ;
- Entrée d'air équipée d'une gaine souple permettant de supprimer une zone morte dans la zone. Dans ce cas, les caractéristiques aérauliques de la gaine sont à prendre en compte.

Entrées d'air de compensation maîtrisée

Tableau présentant les avantages et inconvénients des entrées d'air les plus couramment utilisées :

Type	Avantages	Inconvénients
Mécanique : - À ventelles. - À clapet. - Coupe-vent. 	Données du fabricant connues et maîtrisées. Atténue les effets du vent. Réutilisable. Prise de mesure de la vitesse de l'air fiable. Empêche l'entrée d'éléments extérieurs lorsqu'elles sont équipées de clapet. Coupe-vent : Limite la pression dynamique créée par l'effet du vent.	Encombrement. Coût. Fragilité (obligation de maintien en état de conformité). Poids (Mise en place de structure permettant de consolider l'installation au niveau du confinement).
Filtre avec système anti- retour (flap en polyane). 	Barrière statique. Empêche l'entrée d'éléments extérieurs. Atténue légèrement les effets du vent. Facile à mettre en œuvre. Prix.	Résistance au passage de l'air Inadapté pour les chantiers de longue durée : - Colmatage du filtre au fil du temps réduisant le débit entrant (Baisse du taux de renouvellement de l'air de la zone). Cela nécessite donc un suivi. - Difficulté à remplacer le filtre colmaté en cours de travaux (Situation à anticiper et modalités de remplacement à définir). Non réutilisable. Mesure de la vitesse d'air moins précise.

Entrées d'air de réglage

Les caractéristiques de ces équipements sont identiques aux EACM. Celles-ci permettent de compenser les variations de débit de fuite et également les variations de débit d'extraction engendrées par le colmatage des filtres en ajustant la position du clapet des entrées d'air de réglage.

Type	Avantages	Inconvénients
Mécanique : gaine avec un volet actionnable manuellement, automatiquement ou par un asservissement au contrôleur de dépression	Données du fabricant connues et maîtrisées Bonne barrière statique Réutilisable Prise de mesure de la vitesse de l'air fiable Possibilité d'asservissement	Encombrement Coût Fragilité Nécessite une bonne maîtrise et un suivi
Mécanique : gaine avec un volet s'ouvrant en fonction de la dépression	Simplicité Adaptation permanente même en l'absence de personnel	Débit instantané inconnu Nécessité de contrôle du bon fonctionnement
Mécanique : gaine avec un volet actionnable, automatiquement par un asservissement au contrôleur de dépression	Adaptation permanente même en l'absence de personnel	Prix Difficultés de mise en œuvre, apparition de phénomène d'oscillation Nécessité de contrôle du bon fonctionnement
Filtre que l'on obture	Barrière statique Empêche l'entrée d'éléments extérieurs Atténue les effets du vent Permet de mettre en évidence un empoussièrément général à l'extérieur de la zone Facile à mettre en œuvre Prix	Résistance importante au passage de l'air Faible barrière dynamique Colmatage du filtre au fil du temps réduisant le débit entrant Précautions à prendre pour substituer le filtre colmaté en cours de travaux Non réutilisable Réglage imprécis Mesure de la vitesse d'air moins précise.



Anémomètre

L'entreprise doit définir les critères de choix techniques des anémomètres.

Certains anémomètres, adaptés au chantier de désamiantage, présentent les critères suivants :

- Plage d'utilisation : 0,3 à 35 m/s
- Résolution : 0,1 m/s
- Précision : 1 à 3 %

Mais c'est à l'entreprise de choisir les caractéristiques recherchées, les plages ci-dessus sont données à titre indicatif. En effet, l'entreprise pourrait avoir besoin de matériel plus performant si elle souhaite avoir plus de précisions.

Type	Avantages	Inconvénients
A hélice	<ul style="list-style-type: none"> - Robuste - Utilisation à une main si l'hélice est intégrée au corps de l'appareil 	<ul style="list-style-type: none"> - Mesures de vitesse moins précises si utilisation d'hélice à petit diamètre - Plage d'utilisation
A fil chaud	<ul style="list-style-type: none"> - Mesures très précises - Adapté pour des mesures depuis l'extérieur de la zone 	Fragilité

Certains appareils permettent d'effectuer une moyenne des mesures par point ou par balayage. La mesure par balayage permet de fiabiliser le résultat.

Au niveau des entrées d'air maîtrisées, l'utilisation d'un cône de mesure permet de prendre des mesures rapides et fiables de vitesses voire d'obtenir directement des débits avec les cônes de mesures fournis par le fabricant de l'anémomètre.

◆ Bonnes pratiques de conception des matériels et équipements

La mise en œuvre des équipements permettant d'assurer l'aéraulique de la zone de travail doit être faite sur la base du bilan aéraulique prévisionnel réalisé par l'encadrant technique lors de la rédaction du PDRE.

Le bilan aéraulique prévisionnel permettra de dimensionner (nombre et capacité) les équipements à prévoir sur le chantier pour garantir la dépression et le taux de renouvellement de l'air de la zone pendant toute la durée des travaux, définis par l'entreprise lors de l'évaluation des risques.

Les différentes étapes de réalisation d'un bilan aéraulique prévisionnel sont expliquées ci-après. Elles permettent :

- De dimensionner les entrées d'air maîtrisées (Installations de décontamination et entrées d'air de compensation) à partir du calcul du débit entrant nécessaire pour garantir le taux de renouvellement de l'air de la zone.
- D'estimer le taux de fuite en fonction de la complexité à réaliser le calfeutrement.
- De dimensionner les extracteurs.
- De répartir de façon homogène les apports d'air neuf dans la zone.
- De dimensionner les entrées d'air de réglages, le cas échéant.

Le bilan aéraulique prévisionnel est complété par un plan de la zone de travail précisant la position des équipements.

Le positionnement des équipements doit assurer l'homogénéité du renouvellement d'air de la zone de travail, l'absence de zone morte, par une bonne répartition des entrées d'air et leur positionnement par rapport aux extracteurs.

La ventilation de la zone peut être assurée par la mise en œuvre :

- De sections d'entrées d'air constantes, avec une extraction d'air variable (variateur de puissance sur les extracteurs) ;
- De sections d'entrées d'air variables, avec une extraction d'air constante.

Nous verrons par la suite qu'il peut y avoir plusieurs possibilités d'implantations, chacune présentant des avantages et des inconvénients.

◇ Dimensionnement de l'aéraulique

Le dimensionnement de l'aéraulique est une démarche itérative, une réflexion cheminée qui permettra à l'entreprise de prendre la décision la plus adaptée. Il est découpé en 2 phases : conception et calcul.

Cette démarche doit être effectuée par un encadrant technique avec un niveau de compétence en adéquation avec la complexité de l'opération.

Phase 1 Conception de l'aéraulique

La conception de l'aéraulique est le bon emploi de chaque élément constituant l'aéraulique. Il s'agit d'une étape fondamentale. Elle correspond à une vision globale du chantier qui évolue au fur et à mesure de la réflexion et qui aboutit lors de la mise au point sur le chantier.

Elle comprend :

- La délimitation de la zone confinée en cherchant à :
 - Poser ses limites sur des ouvrages solides, permettant une géométrie du confinement simple, facile à isoler
 - Réduire les risques de fuite structurelle en excluant ces espaces de la zone confinée
 - Éviter les éléments traversant (tuyauteries, chemins de câbles,...)
 - Réduire le volume de la zone autant que possible. Une grande zone peut être découpée en 2 zones plus petites indépendantes à traiter parallèlement ou successivement.
 - Mettre en place des moyens d'accès : platelage, échafaudage,...
 - Permettre l'implantation des installations de décontamination, des entrées d'air, des extracteurs de manière à effectuer le rejet à l'extérieur
- La définition des zones élémentaires, chacune disposant d'une possibilité d'implanter des entrées d'air
- La prise en compte de l'évolution de la configuration de la zone au cours des travaux (dépose de cloisons, de faux plafond, de gaines,...). En effet, ces évolutions sont susceptibles de modifier les zones élémentaires initialement définies et de créer de nouvelles fuites non maîtrisées
- L'implantation des équipements nécessaires, notamment les extracteurs en cherchant à les regrouper de manière à centraliser l'alimentation électrique et les rejets d'air pour en faciliter la maintenance.

Phase 2 Calcul de l'aéraulique

Une fois la zone confinée conçue, le calcul de l'aéraulique permettra de déterminer en premier lieu le débit d'air entrant puis de dimensionner les extracteurs. Ce calcul comprend les étapes suivantes :

- Le calcul du volume des zones élémentaires ;
- Le choix du taux de renouvellement d'air de la zone en fonction de l'empoussièrement attendu et le choix de la valeur de la dépression de travail de la valeur de la dépression minimale ;
- Calcul, sous l'hypothèse de la dépression minimale choisie, des débits d'air entrants par :
 - Les installations de décontamination pour chaque zone élémentaire ;
 - Les entrées d'air de compensation maîtrisées choisies et calcul du nombre nécessaire pour assurer le renouvellement d'air souhaité ;
- Calculer le débit d'air à extraire en permanence, sous l'hypothèse de la dépression nominale choisie ;
- Choix des extracteurs et calcul du nombre d'extracteurs nécessaires, y compris extracteur (s) de secours ;
- Détermination du nombre d'entrées d'air de réglage ;
- Positionnement de l'ensemble des équipements sur un schéma d'installation.

La démarche pour établir un bilan aéraulique prévisionnel sera expliquée à partir d'un exemple détaillé ci-dessous et d'un second exemple joint en annexe (Annexe 3).

Le bilan aéraulique prévisionnel sera établi sur la base d'un taux de renouvellement de l'air de la zone et une valeur de la dépression définies par l'entreprise, selon son évaluation des risques.



Par ailleurs, une valeur de la dépression minimale permettant d'assurer les conditions de travail sera choisie par l'entreprise selon son évaluation des risques. Il s'agit d'un seuil d'arrêt de travaux laissant une marge de sécurité par rapport au seuil réglementaire.



Conception de l'aéraulique: Exemple A

L'opération de l'exemple A consiste au retrait de MPCA dans les pièces A, B et C.

Etablir un plan côté

La 1^{ère} étape consiste à établir un plan côté de la zone de travail et de son environnement.



La visite du chantier

Elle est essentielle et permettra de prendre en compte :

L'environnement du chantier:

Emplacement des points d'eau et d'électricité, des points de rejets des eaux usées : Favoriser le positionnement des installations de décontamination à proximité de ces points.

Accès (étage, monte-charge, escalier...): Dès cette étape, il est important de réfléchir au cheminement des personnes, du matériel et des déchets (prendre en compte le volume et la dimension de ceux-ci).

Il sera nécessaire d'adapter l'emprise du chantier selon les contraintes telles que :

- La présence d'autres corps d'état à proximité ;
- La réalisation des travaux en milieu occupé ;
- La présence de réseaux maintenus en service et nécessitant une vigilance particulière: fibre optique, réseau électrique, réseau vapeur... ;
- L'exposition au vent.

Les caractéristiques de la zone de travail:

Difficultés de mise en œuvre du "confinement statique" (cf. RT 04 Système de confinement évitant la dispersion de fibres d'amiante à l'extérieur de la zone de travail):

Il s'agira d'identifier et de prendre en compte l'impact des fuites éventuelles créées à l'avancement du chantier (Par exemple lorsque le calfeutrement des fuites n'est pas possible en raison de la présence du MPCA à retirer ou lorsqu'il s'agit de retrait de faux plafond) ou de fuites structurelles.

Cloisonnement, position et dimensions des ouvertures, hauteur sous plafond : Il est important de connaître la finalité des travaux. Dans le cas d'une démolition ou d'une réhabilitation lourde, la possibilité de créer des ouvertures, d'abattre des cloisons peut aisément faciliter la mise en œuvre des installations et la gestion de l'aéraulique.

Positionner les équipements

Définir le volume de la zone de travail (volume de confinement)

Le volume de la zone de travail doit être réduit au strict nécessaire. Notamment, réduire la hauteur du plafond permettra d'éviter le risque de chute de hauteur lors du confinement et facilitera le nettoyage fin de la zone. Dans le cas de retrait de matériaux tels que le flocage, la mise en œuvre d'un platelage peut être envisagée.

Positionnement
des extracteurs et
gainnes de rejet

En présence d'un faux plafond, s'il est utilisé pour l'accrochage des peaux de protection, il faut prendre en considération sa résistance. Il devra résister au poids des peaux mais également à la force liée à la dépression.

En cas d'absence de faux-plafond et si la hauteur n'est pas trop importante, le confinement peut se faire directement sur la sous-face de la dalle.

Emplacement extracteurs

Il est préférable de favoriser le positionnement des extracteurs à l'opposé de celui des entrées d'air maîtrisées de façon à assurer un balayage le plus homogène possible de la zone de travail.

Si les entrées d'air sont à proximité des extracteurs, il risque d'y avoir une mauvaise utilisation de l'air neuf apporté par les entrées d'air maîtrisées.

Il est également important de veiller à ce que :

- Le rejet des extracteurs se fasse à l'extérieur du bâtiment directement ou en raccordement à des gainnes de rejets. En cas de rejet direct techniquement impossible, il faut prévoir exceptionnellement la mise en œuvre d'extracteurs à double filtration (p.30).
- Les commandes des extracteurs soient accessibles depuis l'extérieur de la zone.

La mise en place d'échafaudages pour positionner les extracteurs est parfois nécessaire.

- Les extracteurs ne soient pas superposés car cela peut avoir un impact sur leur intégrité et notamment l'étanchéité, sauf si l'instruction du fabricant le prévoit.

Dans ce cas, respecter les consignes du fabricant quant au positionnement et au nombre des extracteurs à superposer.

- Le caisson filtrant soit en limite du confinement. Le positionnement des extracteurs dans la zone de travail est déconseillé.

En cas d'impossibilité technique de le positionner en limite de confinement, l'entreprise devra s'assurer que les dispositions prises permettent de garantir un rejet d'air épuré, en veillant notamment à supprimer les éventuelles entrées d'air pollué :

- Au niveau des joints et juste en aval du ventilateur de l'extracteur
- Au niveau de la gaine de rejet située entre l'extracteur et la limite du confinement

Une attention particulière devra également être portée sur :

- Les indications du fabricant ;
- La protection des extracteurs pour faciliter leur décontamination ;
- La mise en place de gainnes de rejet annelées, qui devront être protégées et armées contre les risques de pollution, d'écrasement et de déchirement (voir paragraphe ci-dessous) ;
- L'accès aux commandes électriques.



Utilisation de gainnes de rejets d'extracteurs :

L'utilisation de gainnes de rejets d'extracteurs présente des inconvénients : perte de charge qui augmente avec la longueur de la gaine, la présence de coudes ou de jonctions, réduisant le débit des extracteurs, encombrements de la zone de travail, décontamination difficile des grandes longueurs de gainnes. Il est préférable d'utiliser des gainnes rigides résistant à l'encrassement lié à la dépression lors de l'extraction. Ces gainnes sont plus coûteuses que des gainnes souples.

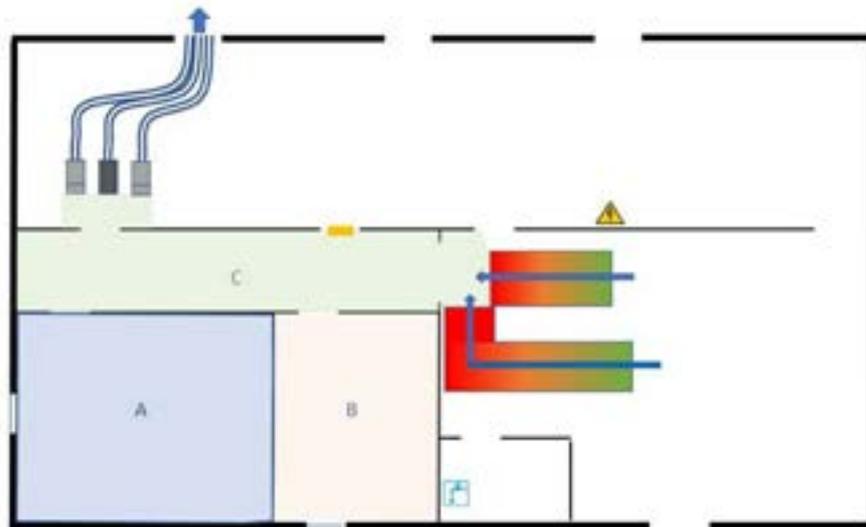
Dans le cas où plusieurs extracteurs seraient raccordés à une seule gaine, cette configuration entraîne une perte de débit importante des extracteurs. Si l'un de ces extracteurs est un extracteur de secours, son déclenchement peut provoquer le déchirement de la gaine.

Emplacement des installations de décontamination du personnel et du matériel

Prendre en compte la place disponible, les dimensions des ouvertures, la taille et le volume des déchets et matériels à évacuer, la localisation des alimentations et des rejets ainsi que le cheminement.

Il s'agit de calculer l'aéraulique en fonction du positionnement des installations qui a été défini par rapport au confort des opérateurs et aux contraintes sur le chantier. La configuration des installations de décontamination est à prendre en compte dès l'étape du bilan aéraulique prévisionnel car celle-ci a un impact sur le débit entrant à une valeur de dépression fixée (Cf. Annexe 4).

Ci-dessous, trois solutions d'implantation des équipements. A cette étape, le dimensionnement n'est pas connu, nous n'avons qu'une approche globale du chantier qui va s'affiner au fur et à mesure. Il s'agit de positionner les équipements compte-tenu des contraintes du chantier.

**SOLUTION 1****Avantages de cette implantation**

Regroupement des extracteurs, ce qui permet un flux "linéaire" de l'air des installations de décontamination vers les extracteurs.

Pour aller plus loin :

- La proximité des points de raccordement et de rejets.
- Le regroupement des extracteurs qui facilite l'installation électrique du chantier et le contrôle par le gardien de sas.

Inconvénients de cette implantation

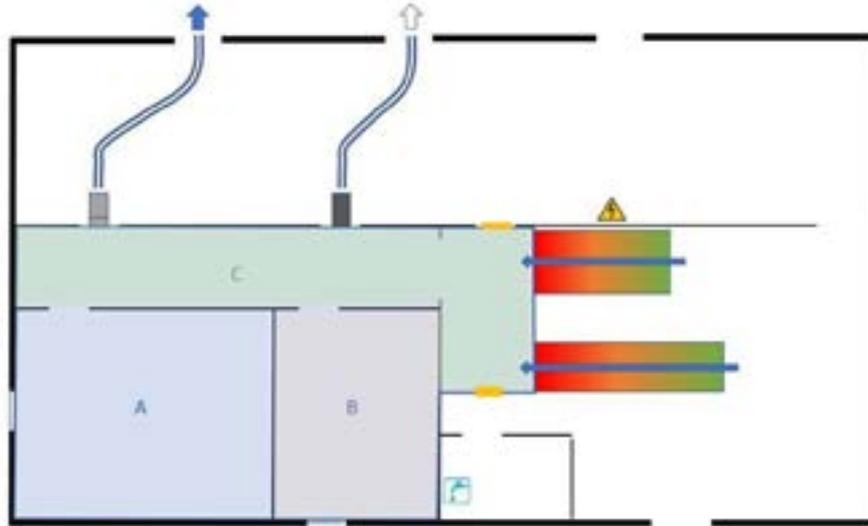
- Mise en place de gaines de rejets d'extracteurs.
- Installation "en coude" de l'installation de décontamination des déchets qui risque de réduire le débit entrant par le sas
- Le flux d'air est concentré sur la pièce C.
- Risque de zones mortes dans la pièce A

Pour aller plus loin :

- La fenêtre de visualisation est éloignée du poste du gardien de sas.
- Encombrement au niveau des installations de décontamination, espace restreint.

SOLUTION 2

Dans cet exemple, la capacité des extracteurs a été augmentée, pour n'en avoir qu'un par ouverture.



Avantages de cette implantation

Installations de décontamination "en ligne" ce qui perturbe moins le débit d'air entrant par les installations de décontamination.

Pour aller plus loin:

- La réalisation d'un pré-sas qui permet la mise en place d'une fenêtre de visualisation à proximité du poste du gardien de sas (même si cela ne permet pas de visualiser ce qui se passe en A et B).
- Le regroupement des extracteurs qui facilite l'installation électrique du chantier et le contrôle par le gardien de sas.

Inconvénients de cette implantation

- Le positionnement éloigné de l'extracteur de secours par rapport à l'autre extracteur, ce qui aura pour conséquence une modification de l'aéraulique en cas de démarrage de l'extracteur de secours.
- Nécessité de mettre en place des gaines de rejet d'extracteurs vers l'extérieur.
- Le flux d'air est concentré sur la pièce C.
- Risque de zones mortes dans la pièce A.

Pour aller plus loin:

L'éloignement des extracteurs alourdit l'installation électrique.

SOLUTION 3

Dans cet exemple, les extracteurs sont directement positionnés à l'extérieur des locaux



Avantages de cette implantation

- Les entrées d'air des installations de décontamination à l'opposé des extracteurs.
- Rejet direct des extracteurs vers le milieu extérieur.

Pour aller plus loin:

L'espace dédié aux zones d'approche, de récupération et aux équipements.

Inconvénients de cette implantation

- L'extracteur de secours est éloigné d'un groupe d'extracteurs en fonctionnement.
- Modification de l'aéraulique en cas de démarrage de l'extracteur de secours si le dysfonctionnement provient d'un extracteur de la pièce A.
- Installation "en coude" de l'installation de décontamination du personnel qui diminue le débit d'air entrant.
- L'accès aux commandes des extracteurs est compliqué, voire impossible selon la configuration des locaux (si la zone est située à l'étage et qu'il n'est pas possible d'installer un échafaudage).

Pour aller plus loin:

- Eloignement du point de raccordement à l'eau.
- Nuisances sonores des extracteurs à l'extérieur du bâtiment.
- Le positionnement des extracteurs implique la mise en œuvre de consoles au niveau des fenêtres où la mise en place d'échafaudages à l'extérieur du bâtiment.
- Risque de malveillance sur les extracteurs à prendre en compte si les locaux sont situés au RDC.
- La séparation des extracteurs alourdit l'installation électrique.

Calcul de l'aéraulique: Exemple A

Les prochaines étapes consistent au calcul du bilan aéraulique prévisionnel permettant le dimensionnement des équipements.

La méthodologie du calcul est présentée ci-après à partir de la solution 1. Le calcul du bilan aéraulique prévisionnel des 3 solutions est joint en annexe de ce document.



Il s'agira dans un premier temps de calculer le volume de chaque zone élémentaire afin de déterminer le débit d'air neuf entrant en fonction du taux de renouvellement de l'air de la zone choisie. Ensuite l'estimation du débit de fuite permettra de connaître le débit d'air entrant total (maîtrisé et non maîtrisé) et ainsi de dimensionner les extracteurs (nombre et capacité).

Division de la zone de travail en zones élémentaires

Déterminer les zones présentant des éventuelles difficultés de circulation de l'air dans la zone: recoins, cloisonnement, décrochement...

Identifier les zones élémentaires pour lesquelles il n'est pas possible d'y apporter directement de l'air neuf, du fait de l'absence d'ouvertures. La zone de travail est à découper en autant de zones élémentaires que nécessaire.

Dans notre exemple, chacune des pièces comporte des ouvertures permettant la mise en place d'entrées d'air. Chaque pièce est considérée comme une zone élémentaire.

A partir du plan, on peut penser qu'il y aura une circulation homogène de l'air dans toute la zone. Ce point sera confirmé sur le site de l'opération, lors de la réalisation du test de fumée.

Calculer les volumes des zones élémentaires

Le volume à prendre en compte est celui de la zone de travail, hors installations de décontamination. Dans notre exemple, la hauteur sous plafond est fixée à 3 m.

Le plan de la solution 1 distingue donc 3 zones élémentaires:

Zone A: le volume de cette zone est:

$$V_A = \text{Longueur} \times \text{Largeur} \times \text{Hauteur} = 99 \text{ m}^3$$

Zone B: le volume de cette zone est:

$$V_B = \text{Longueur} \times \text{Largeur} \times \text{Hauteur} = 66 \text{ m}^3$$

Zone C: le volume de cette zone est:

$$V_C = \text{Vol. pièce C} + \text{Vol. pré-sas} = 45 \text{ m}^3 + 4,5 \text{ m}^3 = 49,5 \text{ m}^3.$$

$$\text{Le volume total de la zone de travail} \\ = V_A + V_B + V_C = 214,5 \text{ m}^3.$$

NOTA : Le volume peut être variable en cours de travaux par exemple en cas de dépose de faux plafond. Cette configuration devra donc être anticipée par l'entreprise.



Déterminer le taux de renouvellement de l'air de la zone

L'entreprise définit les taux de renouvellement en fonction de son évaluation des risques (niveau d'empoussièremement attendu selon le ou les processus mis en œuvre) et, a minima, en respectant les prescriptions réglementaires.

Dans notre exemple, nous choisirons un taux de renouvellement de 8 volumes/heure.

Choisir la valeur de la dépression à maintenir en permanence

La dépression de travail se situe entre 20 et 25 Pa. Par ailleurs, une dépression minimale déclenchant l'arrêt des travaux doit être déterminée, pour laquelle on garantira le taux de renouvellement d'air de la zone défini.

Certains facteurs peuvent avoir une influence sur la valeur de la dépression :

- Zone située dans un environnement avec du vent, des courants d'air.
- Zone avec une grande hauteur: effet "cheminée". Il est judicieux de positionner les extracteurs en haut de la zone afin que le mouvement de l'air se fasse dans le sens du tirage naturel.
- Une zone d'approche mal ventilée. Il est important de veiller au bon apport d'air pour ne pas nuire au bon fonctionnement de l'aéraulique des installations de décontamination.

Définir des seuils d'alerte :

- Un seuil haut pour éviter que le confinement ne se déchire sous l'effet d'une trop grande pression ;
- Un seuil bas en prenant une marge de sécurité pour ne pas descendre en dessous du seuil réglementaire, au-delà duquel un risque de pollution est possible.

Le calcul du dimensionnement réalisé avec comme valeur minimale le seuil réglementaire, augmenterait la marge de sécurité.

Le confinement devra être adapté au niveau de dépression de travail choisi.

Dans notre exemple, nous choisirons **une dépression de travail de 20 Pa** et une **dépression minimale de 13 Pa**. Il faudra donc s'assurer qu'à une valeur de dépression égale à 13 Pa, le taux de renouvellement d'air de la zone est de 8 volumes par heure (défini à l'étape précédente).

Déterminer les débits d'air maîtrisés des installations de décontamination

Le débit d'air entrant par les installations de décontamination est déterminé soit à partir des données fournies par les fabricants (abaques), soit à partir du retour d'expérience de l'entreprise.

Les abaques du fabricant indiquent le débit entrant en fonction de la dépression et du positionnement de l'installation de décontamination (En ligne, en L et nombre de compartiments...).

Il s'agit à cette étape, d'évaluer le débit entrant par ces installations à la dépression de travail choisie et à la dépression minimale fixée.

Exemple d'abaque : installation de décontamination du personnel

Dépression (Pa)	Débit (m ³ /h)
0	0
5	192
10	275
13	320
15	327
20	370
25	405
30	447
35	478
40	493

Exemple d'abaque : installation de décontamination du matériel

Dépression (Pa)	Débit (m ³ /h)
0	0
5	139
10	280
13	330
15	370
20	450
25	530
30	585
35	646
40	704

Dans notre exemple, les données sont les suivantes :

	Dépression = 13 Pa	Dépression = 20 Pa
Installation de décontamination du personnel	320 m³/h	370 m³/h
Installation de décontamination du matériel	330 m³/h	450 m³/h

Calculer les débits d'air entrants nécessaires dans chaque zone élémentaire pour assurer le taux de renouvellement fixé

Pour chaque zone élémentaire, il est nécessaire de calculer l'apport d'air neuf amené par les installations de décontamination afin d'en déduire, le cas échéant, l'apport d'air restant à amener par les entrées d'air de compensation pour garantir le taux de renouvellement fixé.

Ce calcul s'effectue à partir des données pour la valeur de dépression minimale fixée, ici **13 Pa**.

Utilisation d'un climatiseur / chauffage soufflant (Air provenant de l'extérieur de la zone):

En cas d'utilisation de ce type d'appareil, il est nécessaire de prendre en compte l'apport d'air de celui-ci dans le calcul du bilan aéraulique.

Une attention particulière devra être portée à l'installation en cours de chantier suite à un changement météorologique non anticipée. Dans ce cas, le calcul du bilan aéraulique sera à revoir complètement.



Zone élémentaire	A	B	C
Volume de la zone	99 m ³	66 m ³	49,5 m ³
Taux de renouvellement souhaité	8 volumes / heure		
Calcul du débit entrant nécessaire pour assurer le taux de renouvellement	Volume de la zone élémentaire x Taux de renouvellement souhaité		
	792 m ³ /h	528 m ³ /h	396 m ³ /h
Apport d'air par les SAS de décontamination du personnel à la dépression minimale fixée	0	0	320 m³/h
Apport d'air par les SAS de décontamination du matériel à la dépression minimale fixée	0	0	330 m³/h
Apport d'air par l'outillage pneumatique, la climatisation	0	0	0
Apport d'air neuf restant à apporter pour chaque zone élémentaire	Débit entrant nécessaire pour assurer le taux de renouvellement - Apport d'air apporté par les SAS de décontamination, l'outillage pneumatique, la climatisation		
	792 m ³ /h	528 m ³ /h	-254 m ³ /h

Utilisation d'outillage pneumatique ou de système d'adduction d'air:

En cas d'utilisation d'équipement pneumatique en zone de travail, sableuse par exemple ou masque à adduction d'air, il est nécessaire de prendre en compte l'apport d'air du compresseur et de réaliser 2 bilans aérauliques.

- Le premier bilan sans l'apport d'air du compresseur
- Le second avec l'apport d'air du compresseur.

Sur le site de l'opération, afin que l'aéraulique soit correcte, les solutions à mettre en œuvre peuvent être les suivantes:

- Ajout d'un extracteur qui ne fonctionnera qu'en même temps que le compresseur d'air
- Réglage des entrées d'air, en réduisant le débit entrant tout en veillant à ne pas créer une zone morte

Calculer le nombre d'entrées d'air de compensation nécessaire

Le débit d'air neuf restant à apporter pour chaque zone élémentaire a été calculé à l'étape précédente. Cet apport d'air neuf complémentaire va être apporté par les entrées d'air de compensation maîtrisées.

Si le débit d'air neuf apporté par l'installation de décontamination est suffisant pour assurer le taux de renouvellement de la zone élémentaire, alors, il n'est pas nécessaire d'ajouter d'entrée d'air de compensation.

Les calculs précédents indiquent que des apports d'air complémentaires sont nécessaires pour les zones élémentaires A et B, tandis que l'apport d'air amené par les installations de décontamination dans la zone élémentaire "C" est supérieur au débit nécessaire. Par conséquent, dans cette zone élémentaire, il n'est pas nécessaire d'installer une entrée d'air de compensation.

Le débit d'air des entrées d'air de compensation est déterminé, soit à partir des données des fabricants, soit à partir du retour d'expérience de l'entreprise. Favoriser l'utilisation de plusieurs petites entrées d'air de compensation maîtrisées plutôt qu'une grande afin de réaliser une répartition équilibrée sur le volume de la zone.

Dans notre exemple, le débit des entrées d'air de compensation est le suivant :

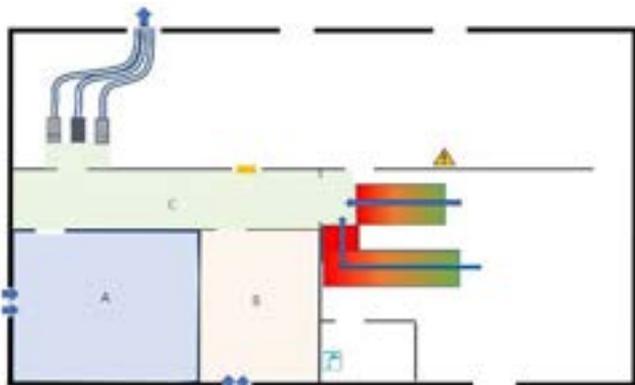
	Débit EACM
Dépression = 13 Pa	450 m ³ /h
Dépression = 20 Pa	600 m ³ /h

On en déduit le nombre d'entrées d'air de compensation pour chaque zone élémentaire. On les calcule toujours sur la valeur minimum de la dépression afin de garantir même au plus bas niveau de dépression un renouvellement d'air suffisant.

	A	B	C
Nombre d'EACM à la valeur de la dépression minimale	= 792/450 = 1,76	= 528/450 = 1,17	-
Nombre d'EACM = Q (zone) / Q (EACM)			
Soit le nombre d'EACM, arrondi à	2	2	0

Une fois le nombre d'entrées d'air de compensation déterminé, positionner ces entrées d'air sur le plan d'installation.

SOLUTION 1

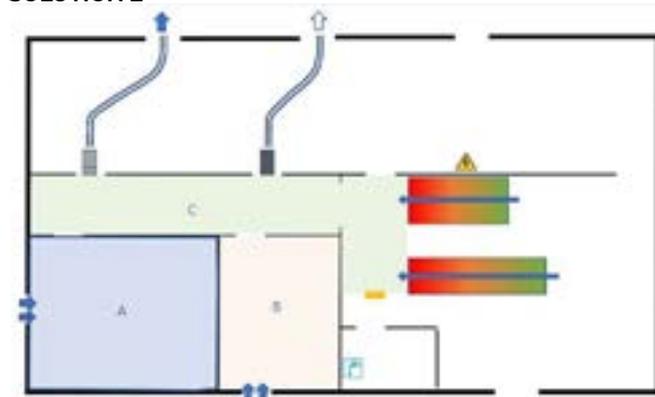


Dans les solutions 1 et 2, l'absence d'ouverture sur la partie droite de la pièce A ne permet pas d'installer d'entrées d'air pour répartir de façon homogène l'arrivée d'air neuf. L'apport d'air neuf peut se faire par des entrées d'air munies de gaines souples. Un extracteur utilisé en recycleur à l'intérieur de la zone pour assurer l'épuration de l'air pourrait créer une surpression locale dans la zone et perturber l'aéraulique.

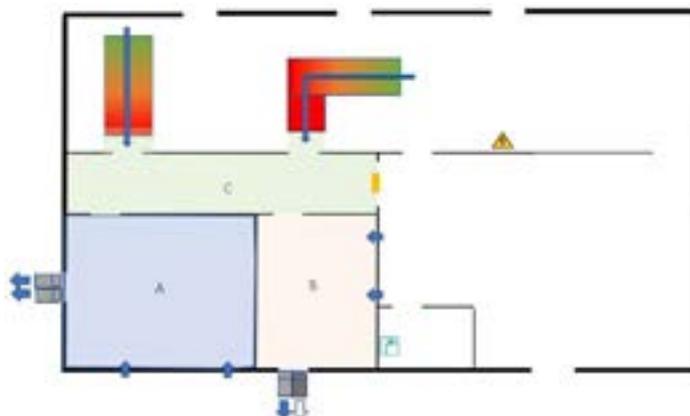


Répartition des entrées d'air de compensation

SOLUTION 2



SOLUTION 3



Il est important de prendre en compte l'empoussièremement existant à l'extérieur de la zone qui peut colmater les entrées d'air de type filtre et diminuer le débit d'air entrant au fil du temps.

Calculer le débit total des entrées d'air maîtrisées

A ce stade, il est maintenant possible de calculer le débit total apporté par les entrées d'air maîtrisées. Il s'agit de faire la somme des débits d'air apportés par les installations de décontamination et les entrées d'air de compensation.

	A 13 Pa	A 20 Pa
Apport du SAS personnel (m³/h)	320	370
Apport du SAS matériel (m³/h)	330	450
Apport des EACM (m³/h)	4 x 450	4 x 600
	1800	2400
Débit total des entrées d'air maîtrisées	2450 m³/h	3220 m³/h

Estimer le taux de fuite

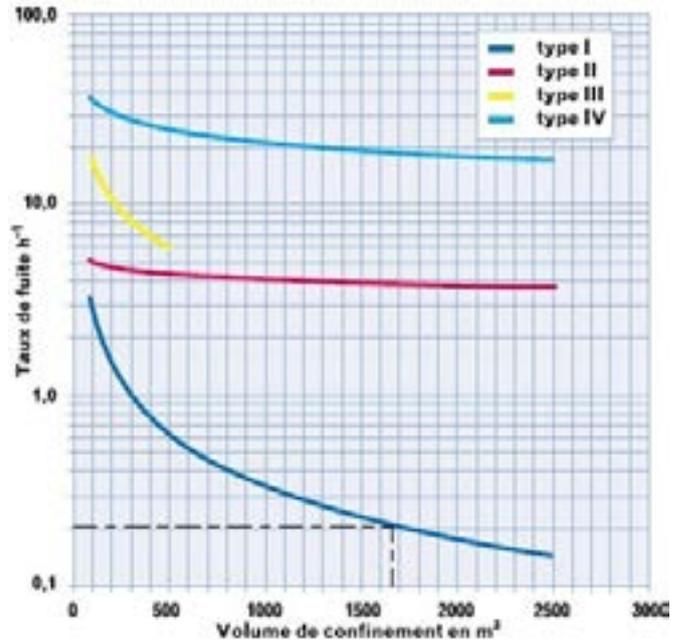
Une part de l'apport d'air dans la zone est liée aux fuites du confinement. Il s'agit d'un apport d'air non maîtrisé.

Le taux de fuite dépend :

- De la difficulté à réaliser un calfeutrement de la zone
- De la présence éventuelle de fuites structurelles non visibles et donc non calfeutrables.

Il se calcule, soit par le retour d'expérience, soit à partir des données de l'INRS.

Il faut garder à l'esprit que ces données sont approximatives. Elles permettent un dimensionnement en première approximation. Il est important de valider ces hypothèses in situ avant le démarrage des travaux.



Dans notre exemple, nous avons défini un confinement de type I. Le volume de la zone de travail étant de 214,5 m³, on en déduit le débit de fuite, à la valeur de la dépression de travail (20 Pa) qui se calcule de la façon suivante :

$$\text{Débit de fuite (m}^3/\text{h)} =$$

$$\text{Taux de fuite (h}^{-1}\text{)} \times \text{Volume de la zone de travail (m}^3\text{)}$$

$$\text{Débit de fuite (m}^3/\text{h)} = 1,4 \text{ h}^{-1} \times 214,5 \text{ m}^3$$

$$\text{Débit de fuite (m}^3/\text{h)} = 300,3 \text{ m}^3/\text{h}$$

Calculer le débit d'air à extraire en permanence

Le débit total de l'air entrant est égal au débit total de l'air sortant en fonctionnement stabilisé de l'aéraulique sur une zone donnée.

Par conséquent :

$$\text{Débit d'air à extraire} =$$

$$\text{Débit d'air entrant maîtrisé} \\ + \text{Débit d'air entrant non maîtrisé}$$

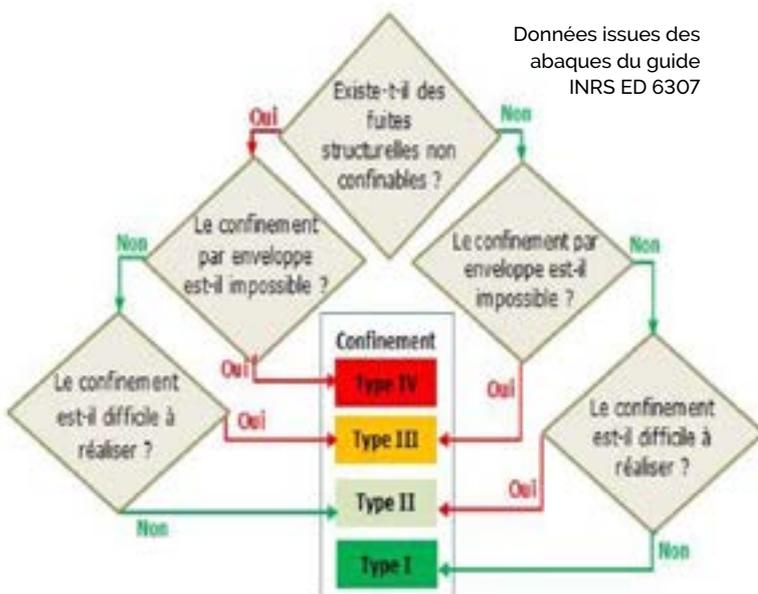
Le débit d'air à extraire en permanence, à la valeur de la dépression de travail (20 Pa) est donc :

$$\text{Débit à extraire (m}^3/\text{h)} = 3220 \text{ m}^3/\text{h} + 300,3 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{Débit à extraire (m}^3/\text{h)} = 3520,3 \text{ m}^3/\text{h}$$

NB: pour réaliser le débit d'air à extraire en permanence, on utilisera cette fois le débit à la valeur de dépression cible, et non la valeur mini, de façon à garantir une extraction suffisante.

Données issues des abaques du guide INRS ED 6307



Choix du nombre d'extracteurs

Il sera privilégié un nombre d'extracteurs plus important de façon à ce que l'impact sur la dépression et l'assainissement soit moins important en cas d'arrêt de l'un d'entre eux.

Ceci est particulièrement vrai dans les configurations plus complexes de la zone de travail où il peut être nécessaire d'utiliser plusieurs extracteurs moins puissants mais permettant d'extraire plus efficacement les fibres de la zone de travail. Mettre en place l'extracteur de secours en fonctionnement avec des entrées d'air de réglage permet également de mieux compenser l'arrêt intempestif de l'un d'entre eux, sans générer d'impact trop important sur la dépression.

Mise en place d'extracteur de secours



Utilisation d'un système de régulation automatique de la valeur de la dépression

- Certains extracteurs sont équipés d'un système de commande qui mesure en permanence la dépression dans la zone d'assainissement et règle automatiquement le débit de l'extracteur pour maintenir la dépression souhaitée.
- Dans ce cas, il est recommandé de faire fonctionner un seul extracteur en mode "régulation automatique" et de le régler à mi-puissance afin de stabiliser le fonctionnement des équipements.

Le nombre d'extracteurs choisi doit permettre de pouvoir extraire en permanence le débit défini à capacité minimale des extracteurs.

Il se calcule donc à partir du débit minimal de l'extracteur: Débit de l'extracteur prenant en compte l'encrassement maximal des filtres. Cette information est indiquée dans la notice du fabricant. Il est en général équivalent à 85% du débit maximal de l'extracteur (filtres neufs). Ce débit minimal peut également être diminué lors de l'utilisation de gaine d'extraction.

Le nombre d'extracteurs à prévoir (hors secours) est égal à :

$$\frac{\text{Débit à extraire en permanence}}{\text{Débit minimal extracteur}}$$

Le nombre d'extracteurs nécessaire est le résultat à l'arrondi entier supérieur du débit d'air à extraire en permanence divisé par le débit minimal de l'extracteur.

Dans notre exemple, nous disposons d'extracteurs à vitesse de rotation du mono-ventilateur variable de capacité de 4000 m³/h.

A la valeur de dépression de travail (20 Pa), le nombre d'extracteurs à prévoir est de :

$$\begin{aligned} & \text{Nombre extracteurs} \\ &= \frac{\text{Débit à extraire en permanence}}{\text{Débit minimal extracteur}} \\ &= \frac{3520,3 \text{ m}^3/\text{h}}{3400 \text{ m}^3/\text{h}} \end{aligned}$$

Nombre extracteurs = 1,04 soit 2 extracteurs

A cette installation, il est nécessaire de prévoir a minima un extracteur de secours de capacité permettant d'assurer la dépression cible et le taux de renouvellement en cas de panne du plus gros des extracteurs. Il est possible d'utiliser pour cela un extracteur conventionnel asservi au contrôleur de dépression, voire un extracteur disposant d'un régulateur automatique de débit en fonction de la dépression visée. Cette dernière solution évite un fonctionnement en mode tout-ou-rien et limite les phénomènes d'oscillation de dépression.

Entrées d'air de réglage (EAR)

Cette étape consiste à déterminer le nombre d'entrées d'air de réglage pour absorber la différence entre la capacité maximale d'extraction et le débit d'air à extraire. Les entrées d'air de réglage sont fermées progressivement, afin de compenser une baisse de dépression qui peut être due à la baisse du débit d'air extrait suite à l'encrassement des filtres d'extracteurs, voire à l'apparition de fuites non maîtrisées supplémentaires (qu'il convient malgré tout de chercher à supprimer).

Dans le cas où l'entreprise souhaite laisser fonctionner l'extracteur de secours en même temps que l'installation principale, la capacité de celui-ci devra être prise en compte dans le calcul de la capacité maximale d'extraction.

Soit dans notre exemple, en considérant que l'extracteur de secours est à l'arrêt avec un démarrage automatique par autocommutateur sur le contrôleur de dépression :

Capacité maximale d'extraction

$$\begin{aligned} &= \text{Nombre extracteurs} \\ &\quad \times \text{Débit maximal} \\ \text{Capacité maximale d'extraction} \\ &= 2 \times 4\,000 \text{ m}^3/\text{h} = \mathbf{8\,000 \text{ m}^3/\text{h}} \end{aligned}$$

Le besoin en entrées d'air de réglage est défini par :

$$\begin{aligned} &\text{Débit EAR nécessaire} \\ &= \text{Débit maximal d'extraction} \\ &\quad - \text{Débit à extraire en permanence} \end{aligned}$$

Soit dans notre exemple :

$$\begin{aligned} &\text{Débit EAR nécessaire} \\ &= 8\,000 \text{ m}^3/\text{h} - 3\,520,3 \text{ m}^3/\text{h} = \mathbf{4\,479,7 \text{ m}^3/\text{h}} \end{aligned}$$

Le débit maximal d'une entrée d'air de réglage est défini par les données du fabricant ou par le retour d'expérience de l'entreprise.

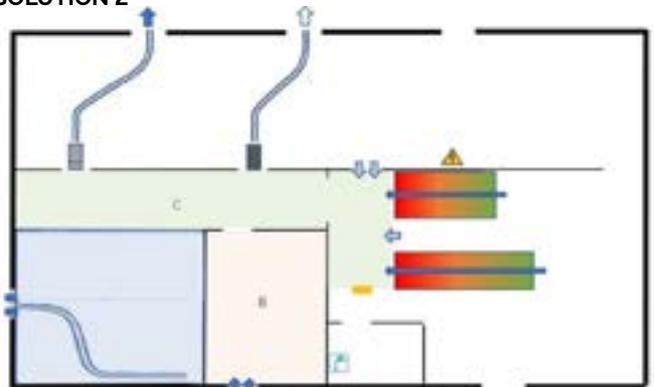
Dans notre exemple, le débit maximal de l'entrée d'air de réglage choisi est de 1420 m³/h. Il faudra donc positionner 4 entrées d'air de réglage.

Une fois le nombre d'entrées d'air de réglage déterminé, positionner ces entrées d'air sur le plan d'installation, à proximité du poste du gardien de sas. La dépression pourra ainsi être contrôlée en ajustant la position du clapet de l'entrée d'air de réglage.

Le schéma d'implantation initial peut être finalisé, en cohérence avec le bilan prévisionnel réalisé. Les éléments suivants figureront sur le schéma :

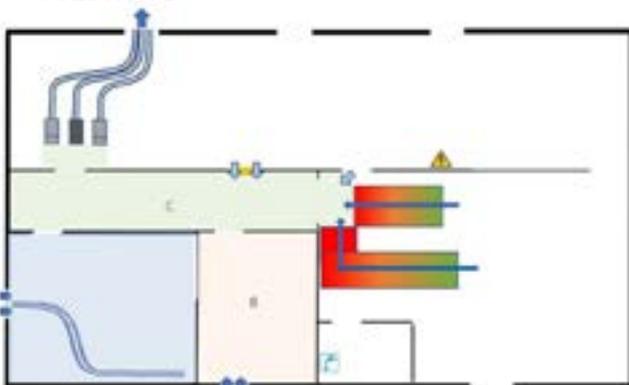
- Installations de décontamination
- Extracteurs
- Entrées d'air de compensation et de réglage
- Fenêtre de visualisation
- Sortie de secours
- Flux d'air prévus
- Le sens de dépose des matériaux: les matériaux sont déposés en partant des entrées d'air vers les extracteurs.

SOLUTION 2



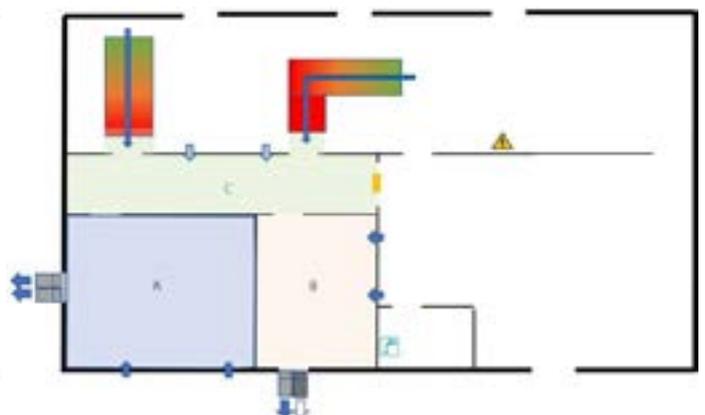
Sur cet exemple: Une gaine a été ajoutée afin d'apporter de l'air neuf au niveau de la zone élémentaire A2. Les extracteurs sont superposés (Cf. notice du fabricant).

SOLUTION 1



Sur cet exemple, une gaine a été ajoutée afin d'apporter de l'air neuf au niveau de la zone élémentaire A2.

SOLUTION 3



Sur cet exemple, le maître d'ouvrage autorise la création d'ouverture dans les cloisons.

◇ Points spécifiques

Traitement des zones mortes

Suite à l'identification de zones mortes, des actions doivent être mises en œuvre afin de garantir l'homogénéité du renouvellement d'air en tout point de la zone.

Les solutions suivantes peuvent être mises en place :

- Ajout d'entrées d'air de compensation
- Amenée d'une gaine d'extraction ou d'une gaine d'apport d'air neuf. Cette solution a un impact sur l'encombrement de la zone.

Ces deux solutions sont à privilégier car elles apportent moins de contraintes.

- Utilisation d'épurateur-recycleur (c'est-à-dire un extracteur utilisé en zone pour cette fonction et non pour extraire de l'air)

Cet usage est peu souhaitable du fait des nombreuses contraintes en matière de décontamination du matériel, de changement de filtres, d'impact sur l'aéraulique. Il sera donc nécessaire pour l'entreprise de s'assurer des points suivants afin d'en maîtriser les conséquences :

- Equipements à minima IP 65 facilement décontaminables ou considérés comme entièrement contaminés.
- Conditionnement en zone sous film plastique.

Zone de travail en hauteur

Lorsque la configuration de la zone est en hauteur (cage d'escalier, gaine, façade), l'entreprise a tendance à positionner les installations de décontamination en partie basse de la zone et les extracteurs en haut de la zone, afin de faciliter la manutention.

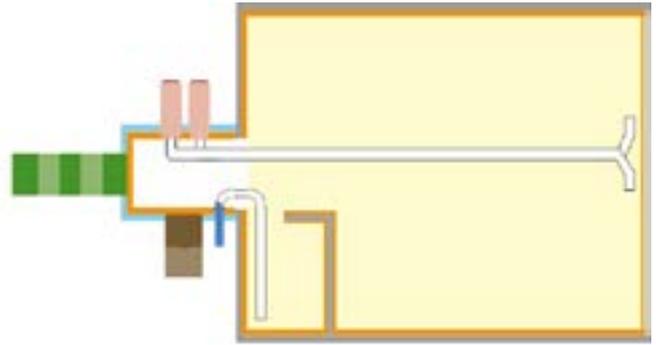
La circulation des particules de poussières se fait donc dans le sens inverse de la sédimentation naturelle.

Effet dynamique / du vent

Les perturbations liées au vent peuvent générer à l'extérieur de la zone une dépression plus importante que celle de la zone. Ces perturbations sont alors susceptibles d'entraîner un transfert de pollution de la zone vers l'extérieur.

De plus, la surpression générée face au vent peut également perturber l'homogénéité des apports d'air neuf.

Ainsi, plus les vitesses de vent sont importantes et plus il y a de risque que l'efficacité du confinement "dynamique" ne soit pas assurée.



Mise en place d'une gaine dans une zone morte

- Réglage de l'équipement afin qu'il ne contredise pas l'extraction d'air de la zone de travail.
- Etablir une instruction concernant le changement des filtres.
- Orientation du rejet de l'épurateur-recycleur vers les extracteurs de la zone. Le rejet ne doit pas être orienté vers les installations de décontamination ou les parois du confinement.

Il est donc nécessaire de surdimensionner les équipements pour prendre en compte cette force opposée.

Selon l'évaluation des risques, l'entreprise peut également positionner les installations de décontamination en haut de la zone et les extracteurs en bas (prendre en considération la manutention des déchets, du matériel).

Les zones côtières et les immeubles de grande hauteur sont particulièrement concernés par ces impacts du fait de leur exposition au vent plus importante. Ce phénomène est également rencontré lorsqu'une zone de travail se trouve à proximité du passage de trains.

Pour pallier ce phénomène, l'entreprise peut, à titre d'exemples :

- Utiliser des entrées d'air spécifiques comme des entrées d'air en coude ou équipées de chapeaux ;
- Mettre en place un système de régulation asservi à la dépression.

Variation du volume de la zone de travail

La présence de faux-plafonds dans la zone de travail doit être intégrée dans l'évaluation des risques :

- Nature des supports situés dans le plénum. Une reprise de calfeutrement est peut-être à prévoir.

La dépose du faux-plafond devra en priorité être réalisée en périphérie de la pièce afin de reprendre le confinement au plus tôt.

- Type de couverture au-dessus du plénum. Estimer le taux de fuite qui peut être relativement élevé.
- Hauteur du plénum. Intégrer ce volume dans le dimensionnement des équipements.

Le bilan aéraulique chantier devra se faire en deux étapes. La première avant la dépose du faux-plafond, la seconde, suite au retrait du faux-plafond.

◇ Mise en œuvre sur le chantier

Le bilan aéraulique prévisionnel est établi par l'encadrant technique au moment de la rédaction du plan de retrait, il est réalisé sur la base de données théoriques qui permettent de dimensionner le débit d'extraction et les entrées d'air maîtrisées en fonction du volume de la zone de travail et d'un débit de fuite estimé. Ce bilan prévisionnel est joint au plan de retrait.

Le rôle de l'encadrant de chantier est de vérifier que l'aéraulique dans la zone de travail est conforme au bilan prévisionnel du plan de retrait et le cas échéant d'agir sur certains paramètres pour obtenir les résultats souhaités avec la validation de l'encadrant technique.

Lors de la préparation de l'opération, on peut être amené à modifier ce qui a été vu en phase d'étude ou de rédaction du plan de retrait : phasage différent, curage préalable modifié...

Même si la visite des lieux préalablement à l'établissement du bilan aéraulique prévisionnel permet souvent d'anticiper certaines contraintes comme la présence de fenêtres fixes empêchant la mise en œuvre d'équipements, l'accessibilité à un monte-charge, l'espace disponible ou la largeur de couloirs, le cheminement des déchets / matériels, il se peut que des modifications soient intervenues entre le moment de l'établissement du plan de retrait et le démarrage de l'opération.

Cela entraîne impérativement une actualisation et une validation du bilan aéraulique prévisionnel et des schémas d'implantation par l'encadrant technique. Les dernières mises à jour doivent être portées à la connaissance et appliquées par l'encadrant de chantier.

Bonnes pratiques de mise en œuvre des installations

Lors de la livraison du matériel sur le chantier, le chef de chantier vérifie qu'il dispose des équipements prévus au plan de retrait (par exemple à partir d'une check-list élaborée par l'encadrant technique préalablement à la livraison). Il vérifie également que le matériel est à jour dans ses vérifications périodiques et qu'il dispose des instructions d'utilisation.

Une fois cette étape validée, la mise en œuvre des installations peut s'effectuer :

Mise en œuvre des installations de décontamination

Il est préférable de monter les installations de décontamination en configuration "ligne" afin d'éviter les pertes de charges. En effet, pour une même valeur de la dépression, plus le nombre de coudes au niveau de l'installation est important, plus le débit diminue (Cf Annexe 4).

Utilisation d'une UMD en tant qu'installation de décontamination d'une zone de travail

Précautions à prendre :

- L'extracteur de l'UMD ne doit pas être mis en fonctionnement pour éviter de perturber les flux d'air.
- La porte du compartiment sale (n°5) de l'UMD doit rester ouverte afin d'assurer la ventilation de l'installation de décontamination
- Il faudra vérifier le renouvellement d'air dans les 2 douches si elles n'ont pas le même volume afin de s'assurer du bon renouvellement d'air dans celles-ci



Comme déjà évoqué précédemment, le rejet d'air doit se faire à l'extérieur du bâtiment, en équipant l'extracteur d'une gaine de rejet si besoin. Afin d'éviter les pertes de charges, il faudra alors éviter la formation de coudes au niveau de la gaine. Favoriser l'utilisation de gaines souples qui sont moins encombrantes et plus facile à mettre en œuvre.

Dans le cas de l'impossibilité d'un rejet vers l'extérieur, et suite à une évaluation des risques, l'extracteur devra être équipé d'une double filtration THE. Le programme de mesures environnementales en rejet d'extracteur devra le prendre en compte afin de s'assurer de l'absence de fibres en sortie d'extracteur.

Afin d'effectuer les opérations de maintenance quotidienne, les filtres doivent être accessibles depuis l'intérieur de la zone de travail et les commandes électriques ainsi que le manomètre doivent être accessibles depuis l'extérieur de la zone.

Le capot de l'extracteur doit être retiré juste avant la mise en route de celui-ci.

Confinement " statique "

La méthodologie de mise en œuvre du confinement est traitée dans la règle technique n°4.

Entrées d'air de compensation et de réglage

Avant le départ du matériel de l'entreprise, l'encadrant technique devra s'assurer que les entrées d'air utilisées sont adaptées aux contraintes du chantier.

A la réception du matériel, l'encadrant de chantier devra également veiller à l'absence d'éventuelle pollution provenant de l'environnement extérieur à la zone de travail. Par retour d'expérience, il est préconisé que les entrées d'air soient positionnées à une distance minimale de 6 mètres par rapport à un groupe électrogène ou de toute autre source polluante.

Contrôleur de dépression

La sonde du contrôleur de dépression doit être positionnée au plus proche de l'installation de décontamination, à l'endroit où les fluctuations de la dépression sont les plus importantes.

L'encadrant de chantier vérifie :

- Que les seuil bas et seuil haut du contrôleur de dépression sont réglés conformément aux procédures de l'entreprise. En effet, une alerte sur le seuil haut est nécessaire afin d'éviter le déchirement des peaux de protection, etc., provoqué par une dépression trop importante ;
- Le bon fonctionnement de l'enregistrement de la dépression ;
- L'enregistrement des numéros de téléphone du personnel d'astreinte ;
- La liaison avec l'autocommutateur permettant le déclenchement de l'extracteur de secours.



Un test de basculement doit-être réalisé avant le démarrage des travaux afin de vérifier le bon fonctionnement de l'installation de secours.

Encadrant de chantier réalisant les réglages du contrôleur de dépression



Mise en service et contrôle avant démarrage des travaux

Test de fumée

Comme évoqué dans la règle technique n°4, le test de fumée remplit deux fonctionnalités :

- Le contrôle de l'étanchéité qui est traité dans la règle technique n°4 (test réalisé en mode statique afin de vérifier l'absence de fuites non calfeutrées) ;
- Le contrôle de l'absence de zones morte réalisé avec les extracteurs en service.

Ici, il s'agira donc de s'assurer que la dépression empêche tout échange d'air vers l'extérieur de la zone de travail et de vérifier l'absence de zones mortes y compris dans les installations de décontamination.

Le principe de cette 2^{ème} étape du test est d'envoyer de la fumée dans les installations de décontamination afin de vérifier la bonne circulation de l'air dans celles-ci. On envoie ensuite de la fumée dans la zone de travail, dans les recoins et les zones cloisonnées afin d'identifier une zone où il pourrait y avoir un excès d'empoussièrément localisé.

On vérifie que la fumée se dirige vers les extracteurs, si une zone morte est découverte, il conviendra de réaliser des entrées d'air pour les supprimer (p.37).

Vérification du bilan aéraulique réel

Le contrôle du renouvellement d'air dans les installations de décontamination est traité dans la règle RT10.



Mesure des vitesses

Extracteurs

L'appareil de contrôle de débit d'air est placé contre la grille de refoulement de l'extracteur. On retient une valeur moyenne de la vitesse :

- Soit en déplaçant l'anémomètre au centre et aux 4 coins de la grille ;
- Soit en effectuant un balayage régulier sur l'ensemble de la surface de grille ;

Dans le cas d'une mesure en amont du préfiltre, il faudra pondérer le résultat intégrant le coefficient k puisque la présence de la grille cartonnée occulte une partie de la surface de passage de l'air.

Entrées d'air

L'appareil de contrôle de débit d'air est placé contre l'entrée d'air ou sous l'ouverture du flap le cas échéant. On retient une valeur moyenne de la vitesse :

- Soit en déplaçant l'anémomètre au centre et aux 4 coins de l'entrée d'air

- Soit en effectuant un balayage régulier sur l'ensemble de la surface de l'entrée (en prenant néanmoins la précaution de ne pas générer de mouvement au niveau de l'hélice qui impacterait la vitesse d'air calculée) ;
- Soit en utilisant un cône de mesure permettant d'avoir une mesure bien plus fiable.

Test de fumée



Mesure d'air au niveau d'une entrée d'air

Entrées d'air des installations de décontamination du personnel

On mesure la vitesse de l'air devant les ouvertures d'entrée d'air au niveau de la porte donnant directement sur la zone de travail afin de déterminer le plus précisément possible le débit entrant par cette porte. Toutes les portes de l'installation de décontamination doivent être fermées. Cette mesure se distingue de celle pour vérifier le renouvellement d'air dans le sas propre, elle vise à connaître le débit d'air entrant par cette installation.

Prise de mesure de la vitesse d'air au niveau des installations de décontamination :

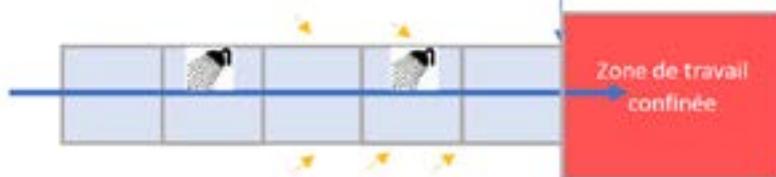
Afin de déterminer le débit entrant le plus juste, la mesure doit être prise au niveau de la dernière porte afin que le débit entrant calculé n'intègre pas les débits de fuite au niveau de l'installation de décontamination.



Mesure des vitesses sur une entrée d'air dans une UMD

Fuites au niveau de l'installation de décontamination

Mesure de la vitesse au niveau de la porte n°6 de l'installation de décontamination



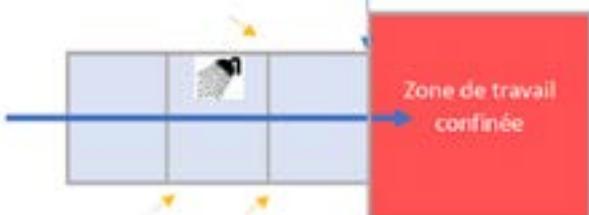
Mesure des vitesses d'air au niveau du sas déchet avec un cône de mesure

Dans le cas de l'utilisation de sas équipés de flaps, il est préférable d'utiliser un cône ou tout autre équipement permettant d'obtenir une mesure fiable.

Entrées d'air des installations de décontamination du matériel

On mesure la vitesse de l'air devant les ouvertures des entrées d'air au niveau de la porte donnant directement sur la zone de travail afin de déterminer le plus précisément possible le débit entrant par cette porte. Toutes les portes de l'installation de décontamination doivent être fermées.

Mesure de la vitesse au niveau de la porte n°4 de l'installation de décontamination



Calcul des débits

La valeur de la vitesse mesurée en m/s permet de calculer les débits entrants et extraits par la formule suivante :

$$Q = 3600 \times V \times S \times k$$

Q est le débit en m³/h

V est la vitesse en m/s de l'air en sortie d'extracteur (mesurée par l'anémomètre)

S est la surface m² de l'entrée d'air, de la grille en sortie d'extracteur ou de la gaine (si installée)

K est un coefficient de correction caractéristique : de l'ouverture, de la méthode de mesure de la vitesse de l'air et, le cas échéant, des singularités situées à proximité de l'ouverture.

Le coefficient k=0,6 utilisé en cas d'absence d'information, est pénalisant et conduit à surdimensionner les équipements. Il convient pour l'entreprise d'estimer la valeur de son coefficient k par son propre retour d'expérience.

Ce coefficient est à appliquer lorsqu'une partie de la section de passage est occultée. C'est le cas par exemple :

- Utilisation d'entrées d'air de type "filtre", grilles avec ventelles...
- Prise de mesure à l'intérieur de la zone, au niveau du filtre de l'extracteur.

Si la mesure du débit extrait est prise à la sortie de la gaine de rejet, le coefficient k n'est pas à appliquer puisque rien ne s'oppose au passage de l'air.

L'entreprise doit établir une trame pour faciliter les calculs de débits réalisés par l'encadrant chantier.



Exploitation des résultats

L'objectif est de valider la conformité des résultats avec le bilan aéraulique prévisionnel. Elle est faite sur la base d'un support d'enregistrement établi par l'encadrant technique de l'entreprise.

Aéraulique au niveau de l'installation de la zone

Fonctionnement de l'installation

La vérification du bilan aéraulique doit être réalisé avant le démarrage des travaux, périodiquement et suite à incident.

Quotidiennement, l'encadrant de chantier doit veiller :

- Au maintien de la dépression de la zone ;
- Au maintien du taux de renouvellement de l'air de la zone ;
- Au fonctionnement des extracteurs dans leur plage de fonctionnement.

Le principe de base de l'aéraulique est le suivant :

Débit entrant dans la zone de travail (y compris les fuites) = Débit extrait de la zone de travail

Avec :

Débit entrant

= Débit des installations de décontamination

+ Débit des entrées d'air

+ Débit de fuite

Débit extrait = Débit des extracteurs

Une fois les débits entrants et les débits extraits calculés, l'encadrant de chantier peut en déduire le débit de fuite. Ce débit de fuite sera à comparer avec celui du bilan aéraulique prévisionnel. En cas d'écart supérieur au seuil défini par l'entreprise, une analyse des causes devra être faite et des actions correctives devront être mises en œuvre.

Le calcul de ces débits permettra également de vérifier que le taux de renouvellement de l'air de la zone est a minima égal au taux de renouvellement prévu par l'encadrant technique.

Il se calcule de la façon suivante :

$$\begin{aligned} & \text{Taux de renouvellement de l'air de la zone} \\ & = \text{Débit entrant par les entrées d'air maîtrisées} \\ & \quad / \text{Volume de la zone de travail} \end{aligned}$$

Valeur de la dépression

Parmi les contrôles à réaliser avant le démarrage des travaux, l'encadrant de chantier doit veiller à ce que la valeur de la dépression soit conforme à la valeur définie par l'entreprise.

Par ailleurs, le maintien de la valeur de la dépression supérieure au seuil minimal fixé par l'entreprise doit être assuré. Pour cela, l'encadrant de chantier s'assurera :

- Du déclenchement de l'extracteur de secours en cas de chute de la dépression sous le seuil bas fixé ;
- Du fonctionnement du transmetteur téléphonique permettant d'avertir le personnel d'astreinte.

Avant une absence prolongée de l'entreprise, les contrôles suivants doivent être effectués :

- Démarrage de l'extracteur de secours en cas de chute de la dépression ;
- Démarrage du groupe électrogène de secours en cas de coupure de l'alimentation électrique.



05

Aéraulique
des chantiers sous
confinement

CONTRÔLE

◇ Procédures et moyens de contrôle d'exécution

La valeur de la dépression de la zone de travail par rapport au milieu extérieur ne doit pas être inférieure au seuil réglementaire en fonctionnement normal. Elle doit être surveillée pendant toute la durée de l'opération.

L'installation comprend, selon la configuration de la zone de travail, au moins un extracteur de secours. Ils permettront de pallier une chute de la dépression liée au colmatage des filtres, une rupture accidentelle du confinement ou encore l'arrêt d'un extracteur.

Le contrôleur de dépression et les extracteurs sont alimentés par un système électrique équipé d'un dispositif de secours.

L'aéraulique est évolutive et les contrôles préventifs effectués en cours de travaux par l'encadrant de chantier doivent prévenir les actions correctives. L'encadrant de chantier peut s'appuyer sur les exemples joints en annexes 6 et 7 de la présente règle.

Contrôles avant le démarrage des travaux

Circulation de l'air dans la zone et dans les installations de décontamination

Objectif: Contrôler l'absence de zones mortes ainsi que la circulation de l'air dans la zone et les installations de décontamination.

Méthode: Test de fumée, extracteurs en fonctionnement.

Critère(s) d'acceptabilité: Absence de zones mortes.

Actions correctives:

- Revoir la répartition des entrées d'air, des extracteurs.
- Fractionner les débits extraits en ajoutant des extracteurs.
- Création d'une entrée d'air maîtrisée.
- Vérifier le bon apport d'air au niveau de la base vie et des installations de décontamination.
- Amener d'une gaine d'apport d'air jusqu'à la zone morte si la mise en place de l'entrée d'air est impossible. Cette solution rend l'équilibrage des entrées d'air complexe en raison de la perte de charge engendrée par la gaine.
- Extraction de l'air pollué par des gaines situées en amont de l'extracteur. Cette solution présente également des inconvénients: perte de charge réduisant le débit des extracteurs, encombrement de la zone de travail, décontamination difficile des grandes longueurs de gaines.
- Il est préférable d'utiliser des gaines rigides résistant à l'écrasement lié à la dépression lors de l'extraction. Ces gaines sont plus coûteuses que des gaines souples.
- Utilisation d'un épurateur - recycleur (non recommandée).



L'utilisation d'un ventilateur pour créer un mouvement d'air est à proscrire, pour éviter de remettre en suspension les particules.

L'extraction de l'air pollué par un extracteur en zone relié à une gaine de soufflage vers l'extérieur est déconseillée. En cas de perforation de la gaine, il y a un risque de pollution de l'environnement.

Dépression de la zone de travail

Objectif: S'assurer du niveau de la dépression et de son maintien en permanence au-delà du seuil bas fixé.

Méthode: La valeur de la dépression est mesurée en continu à l'aide d'un contrôleur de dépression. Une alarme se déclenche en cas d'alerte (atteinte ou dépassement du seuil bas ou haut).

Critère (s) d'acceptabilité:

- Valeur de la dépression de travail correspondant à celle définie par l'entreprise.
- Déclenchement de l'extracteur de secours en cas de dépassement du seuil bas défini par l'entreprise et retour à une valeur supérieure au seuil minimum.
- Déclenchement du transmetteur téléphonique en cas de dépassement des seuils définis par l'entreprise.
- Déclenchement de l'alimentation électrique secourue en cas de coupure de l'alimentation principale.

Actions correctives:

- Niveau de dépression insuffisant:
Rechercher les fuites dans le confinement et les calfeutrer. Augmenter le nombre / la capacité des extracteurs

si le colmatage des fuites ne résout pas le problème. Vérifier le bon apport d'air au niveau des installations de décontamination (Bonne ventilation de l'environnement du chantier).

- Niveau de la dépression trop élevé:
Créer des entrées d'air complémentaires en veillant à conserver un taux de renouvellement suffisant.
- Absence de déclenchement de l'extracteur de secours:
Vérifier les branchements.
Vérifier les valeurs paramétrées dans le contrôleur de dépression.
Remplacer le contrôleur de dépression, l'autocommutateur si le dysfonctionnement persiste.

Assainissement de la zone de travail

Objectif: Vérifier le taux de renouvellement de l'air de la zone de travail.

Méthode: Mesure des vitesses d'air avec un anémomètre.

Mesure de vitesse d'air au niveau des gaines de rejet des extracteurs

Critère (s) d'acceptabilité:

- Taux de renouvellement de l'air de la zone supérieur ou égal au taux défini par l'entreprise.
- Conformité avec le bilan aéraulique prévisionnel.

Actions correctives:

- Vérifier les paramètres du chantier avec le bilan aéraulique prévisionnel.
- Rechercher les fuites dans le confinement et les calfeutrer.
- En cas de taux de renouvellement insuffisant, augmenter le nombre ou la capacité des extracteurs.

Aéraulique des installations de décontamination

Ce point est traité dans la RT10



Contrôles en cours de travaux

Circulation de l'air dans la zone et dans les installations de décontamination

Objectif : Contrôler l'absence de zones mortes ainsi que la circulation de l'air dans la zone et les installations de décontamination.

Méthode : Test de fumée, extracteurs en fonctionnement.

Fréquence :

- Suite à un incident au niveau du confinement ou de chute de la dépression.
- Suite à une modification des zones élémentaires dans la zone de travail.

Critère (s) d'acceptabilité : Absence de zones mortes.

Actions correctives :

- Revoir la répartition des entrées d'air, des extracteurs.
- Fractionner les débits extraits en ajoutant des extracteurs.
- Création d'une entrée d'air maîtrisée.
- Amenée d'une gaine d'apport d'air jusqu'à la zone morte si la mise en place de l'entrée d'air est impossible.
- Extraction de l'air pollué par des gaines situées en amont de l'extracteur (cf. Conception de l'aéraulique : Exemple A p.19).
- Utilisation d'un épurateur - recycler (non recommandée).

L'utilisation d'un ventilateur pour créer un mouvement d'air est à proscrire, pour éviter de remettre en suspension les particules.

L'extraction de l'air pollué par un extracteur en zone relié à une gaine de soufflage vers l'extérieur est déconseillée. En cas de perforation de la gaine, il y a un risque de pollution de l'environnement.



Dépression de la zone de travail

Objectif : S'assurer du niveau de la dépression et de son maintien en permanence.

Méthode : La valeur de la dépression est mesurée en continu à l'aide d'un contrôleur de dépression. Une alarme se déclenche en cas d'alerte (atteinte ou dépassement du seuil bas ou haut).

Fréquence : Pendant toute la durée des travaux, en continu, et jusqu'au résultat de la mesure de 1ère restitution.

Critère (s) d'acceptabilité :

- Valeur de la dépression de travail correspondant à celle définie par l'entreprise.
- Déclenchement de l'extracteur de secours en cas de dépassement du seuil bas défini par l'entreprise.
- Déclenchement du transmetteur téléphonique en cas de dépassement des seuils définis par l'entreprise.
- Déclenchement de l'alimentation électrique secourue en cas de coupure de l'alimentation principale.

Actions correctives :

- Suspension des travaux en cours.
- Niveau de dépression insuffisant :
Rechercher les fuites dans le confinement et les calfeutrer. Augmenter le nombre / la capacité des extracteurs si le colmatage des fuites ne résout pas le problème. Vérifier le colmatage des filtres des extracteurs. Vérifier le bon apport d'air au niveau des installations de décontamination (Bonne ventilation de l'environnement du chantier).
- Niveau de la dépression trop élevé :
Vérifier le bon fonctionnement des entrées d'air et notamment le colmatage en cas d'utilisation de filtres. Vérifier l'obstruction ou le fait que le clapet soit HS. Créer des entrées d'air complémentaires en veillant à conserver un taux de renouvellement suffisant.
- Fluctuations importantes de la dépression : Pose de déflecteurs au niveau des entrées d'air.
- Absence de déclenchement de l'extracteur de secours :
Vérifier les branchements.
Vérifier les valeurs paramétrées dans le contrôleur de dépression.
Remplacer le contrôleur de dépression, l'autocommutateur si le dysfonctionnement persiste.

Assainissement de la zone de travail

Objectif : Vérifier le taux de renouvellement de l'air de la zone de travail.

Méthode : Mesure des vitesses d'air avec un anémomètre.

Fréquence :

- Lorsque le niveau de la dépression n'est pas atteint, maintenu.
- Suite à un incident au niveau du confinement.

Critère (s) d'acceptabilité : Taux de renouvellement de l'air de la zone supérieur au taux défini par l'entreprise.

Actions correctives :

- Vérifier les paramètres du chantier avec le bilan aéraulique prévisionnel.
- Rechercher les fuites dans le confinement et les calfeutrer.
- En cas de taux de renouvellement insuffisant, augmenter le nombre ou la capacité des extracteurs.

Contrôles en fin de travaux

Suite aux travaux de retrait et de nettoyage fin, la zone de travail y compris les installations de décontamination,

Assainissement des installations de décontamination

Point traité dans la RT10



Modification, le déplacement des extracteurs et/ou des entrées d'air :

Cette action corrective doit se faire zone à l'arrêt, donc après la pose de mesures de 1^{ère} restitution et l'obtention de leurs résultats.

Utilisation d'appareil de métrologie en zone :

Le matériel (anémomètre, appareil fumigène) utilisé en cours de travaux lorsque cela est nécessaire devra alors être considéré comme contaminé et traité comme tel.

doit rester en dépression jusqu'à l'obtention des résultats conformes de mesures de 1^{ère} restitution.

◇ **Entretien, maintenance, décontamination**

Pour des matériels listés (p.14)

L'entretien, la maintenance et la décontamination des matériels (extracteurs, contrôleurs de dépression, appa-

reils de métrologie) doivent être conformes aux notices d'utilisation des fabricants et aux instructions établies par l'employeur.



05

**Aéraulique
des chantiers sous
confinement**

ANNEXES

- ANNEXE 1 (p.42) : Références normatives, réglementaires
- ANNEXE 2 (p.46) : Calcul du bilan aéraulique prévisionnel – Exemple A
- ANNEXE 3 (p.52) : Exemple B
- ANNEXE 4 (p.55) : Calcul du bilan aéraulique prévisionnel – Exemple B
- ANNEXE 5 (p.59) : Exemple abaque SAS de décontamination du personnel
- ANNEXE 6 (p.60) : Contrôle d'étanchéité et d'aéraulique
- ANNEXE 7 (p.61) : Exemple de bilan aéraulique sur chantier

ANNEXE 1

Références normatives, réglementaires

Veille normative

Norme NF X 46-010-§ 5.7.5.2

5.7.5 Gestion et utilisation du matériel, des moyens de protection collective et des équipements de protection individuelle

"..."

5.7.5.2

Utilisation : en fonction des processus mis en œuvre, l'entreprise fournit les procédures et instructions décrivant les modalités de maîtrise du chantier et les documents d'enregistrements associés pour assurer la mise en œuvre du matériel sur le chantier et la protection collective

pour assurer la protection de son personnel et de toute personne qui se trouverait sur le lieu ou à proximité des travaux concernant :

a - Les confinements statiques, y compris les installations réglementaires d'accès à la zone à traiter.

b - Les confinements dynamiques :

1- renouvellement d'air ;

2- Mise en dépression de la zone et sa sauvegarde ;

3- Maîtrise des flux (air et eau), notamment dans les tunnels d'accès du personnel et/ou d'évacuation des déchets et matériels ;

"..."

Veille réglementaire

Décret du 4 mai 2012

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 et en définissant la procédure de décontamination à mettre en œuvre.

R 4412-111

L'employeur assure le maintien en état et le renouvellement des moyens de protection collective et des équipements de

protection individuelle de façon à garantir pendant toute la durée de l'opération le niveau d'empoussièrement le plus bas possible et, en tout état de cause, conforme à celui qu'il a indiqué dans le document prévu par l'article R. 4412-99.

Un arrêté du ministre chargé du travail détermine les conditions de choix, d'entretien et de vérification périodique :

1° Des moyens de protection collective ;

2° Des équipements de protection individuelle.

R 4412-133

En fonction de l'évaluation des risques, l'employeur établit un plan de démolition, de retrait ou d'encapsulation qui est tenu à disposition sur le lieu des travaux.

Ce plan est établi en fonction du périmètre du marché de travaux auxquels il correspond. Il précise notamment :

"..."

16° Un bilan aéraulique prévisionnel, établi par l'employeur, pour les travaux réalisés sous confinement aux fins de prévoir et de dimensionner le matériel nécessaire à la maîtrise des flux d'air ;

"..."

Arrêté du 8 avril 2013

Art. 3. - Utilisation, entretien et vérification des équipements de travail et installations.

"..."

2° Installations et équipements d'aération, d'assainissement et d'aspiration des poussières :

Les extracteurs et les équipements d'aspiration des poussières sont équipés de filtres très haute efficacité (THE) de type HEPA a minima H 13 selon les classifications définies par la norme NF EN 1822-1 de janvier 2010. Ils sont vérifiés selon la notice d'instructions du fabricant et a minima tous les douze mois en application des dispositions prévues aux articles R. 4222-22 et R. 4412-23 du code du travail.

Les équipements d'aspiration des poussières sont également équipés de sacs ou d'un système d'ensachage permettant d'éviter la dispersion de fibres ;

"..."

Art. 4. - Protection des surfaces et confinements.

1° Opérations réalisées en milieu intérieur :

"..."

Lorsque la technique ou le mode opératoire mis en œuvre, compte tenu des moyens définis à l'article R. 4412-109, génère un empoussièremment de deuxième niveau ou de troisième niveau, l'employeur met en place un confinement qui répond aux caractéristiques suivantes :

e) Création d'un flux d'air neuf et permanent pendant toute la durée du chantier, de l'extérieur vers l'intérieur de la zone de travail ;

f) Mise en place d'un ou plusieurs extracteurs d'air, chacun équipés a minima de filtres à THE de type HEPA minimum H 13 selon les classifications définies par la norme NF EN 1822-1 de janvier 2010 avec rejet de l'air vers le milieu extérieur. Ils assurent un débit d'air permettant d'obtenir un renouvellement de l'air de la zone de travail, qui ne doit, en aucun cas, être inférieur à :

- Six volumes par heure pour les empoussièremments de deuxième niveau ;

- Dix volumes par heure pour les empoussièremments de troisième niveau.

L'employeur s'assure de l'homogénéité du renouvellement d'air de la zone de travail par une bonne répartition des entrées d'air et leur positionnement par rapport aux extracteurs.

Le niveau de la dépression de la zone de travail par rapport au milieu extérieur ne doit en aucun cas être inférieur à 10 Pa en fonctionnement normal et doit faire l'objet d'une surveillance pendant toute la durée de l'opération.

L'installation comprend, selon la configuration de la zone de travail, au moins un extracteur de secours.

Les extracteurs sont alimentés par un système électrique équipé d'un dispositif de secours. Lorsque la

configuration du chantier ou la nature de l'opération ne permet pas le respect des dispositions précitées au f, l'employeur met en place des moyens de prévention adaptés permettant d'éviter la dispersion de fibres d'amiante à l'extérieur de la zone de travail et d'assurer un niveau de protection des travailleurs équivalent à celui atteint en application des dispositions prévues au f. De tels moyens peuvent également être mis en place, au vu de l'évaluation des risques de l'employeur, lors d'opérations de courte durée. Il justifie de ces spécificités en conséquence dans le plan de démolition, de retrait ou d'encapsulation ou dans le mode opératoire.

L'employeur décrit, dans son document unique d'évaluation des risques, les moyens de protection collective dont les types de protection de surface et de confinement mis en place pour chaque processus.

Art. 6. - Traçabilité des contrôles.

Les résultats des contrôles sont consignés, le cas échéant, dans le registre de sécurité mentionné à l'article L. 4711-5.

Ce registre comporte, en outre, en fonction des caractéristiques de l'opération :

"..."

4. La consignation des paramètres de surveillance du chantier tels que, s'il y a lieu, le niveau de la dépression, la vérification de l'état des dispositifs de protection et du confinement, les résultats des tests de fumée et du bilan aéraulique.

"..."

Art. 8. - Organisation de la surveillance des travaux et des secours.

L'employeur prend les mesures nécessaires pour que soient assurés :

"..."

4. L'effectivité du déclenchement et de la mise en œuvre des secours.

Art. 10. - Décontamination.

1° Dispositions communes aux installations de décontamination :

Les installations permettant la décontamination définie au 3° de l'article R. 4412-96 sont conçues, équipées, entretenues et ventilées de manière à permettre la décontamination des travailleurs, des personnes autorisées à entrer en zone compte tenu de leur travail et de leur fonction et des équipements de travail et des déchets.

Elles sont mises en place durant la phase de préparation pour l'application du 2° de l'article R. 4412-108.

Les installations de décontamination des travailleurs sont distinctes de celles des équipements de travail et des déchets sauf si la configuration du chantier ne le permet pas. Elles constituent les seules voies de sortie depuis la zone de travail vers l'extérieur, à l'exception de manœuvre de secours. Un balayage d'air non pollué assure la venti-

lation des installations de décontamination afin d'assurer la salubrité et empêcher tout transfert de pollution en dehors de la zone de travail ;

2° Dispositions relatives aux installations de décontaminations des travailleurs :

Les installations de décontamination comportent au moins trois compartiments, dont deux douches permettant d'assurer successivement la décontamination et la douche d'hygiène. Celles-ci sont alimentées en quantité et en pression suffisante d'eau à température réglable.

Par exception, pour les processus dont l'empoussièremement estimé est de premier niveau, les installations de décontamination peuvent comprendre une zone de décontamination à la sortie de la zone de travaux permettant l'aspiration au moyen d'un aspirateur équipé de filtre THE de type HEPA minima H13 (selon les classifications définies par la norme NF EN 1822-1 de janvier 2010), le mouillage par aspersion de la combinaison avec de l'eau. Ces installations de décontamination comprennent par ailleurs une douche d'hygiène que l'intervenant utilisera à la suite de la prédécontamination.

Ces installations sont éclairées et comprennent notamment un vestiaire d'approche et une zone de récupération comme définis ci-après :

a) Le vestiaire d'approche est convenablement aéré, éclairé et suffisamment chauffé. Il se situe dans le prolongement immédiat de l'installation de décontamination. Il comporte un nombre suffisant de sièges et de patères (au moins un par travailleurs appelés à entrer en zone de travail) ;

b) La zone de récupération est convenablement aérée, éclairée, suffisamment chauffée et située, dans la mesure du possible, à proximité du vestiaire d'approche, sauf si la configuration du chantier ne le permet pas. Elle comprend au minimum des sièges en nombre suffisant, une table et les moyens permettant de prendre une boisson fraîche ou chaude.

Le vestiaire d'approche et la zone de récupération peuvent être contigus.

Dans les installations de décontamination des travailleurs, le taux de renouvellement du volume de la douche est minima de deux fois son volume par minute ;

3° Dispositions relatives aux installations de décontamination des déchets :

Pour les travaux générant un empoussièremement de premier niveau, l'employeur met en œuvre les moyens de décontamination des déchets adaptés à la nature des travaux. Pour les travaux générant un empoussièremement de deuxième et troisième niveaux, les installations de décontamination des déchets sont éclairées et doivent être compartimentées de façon à assurer la douche de décontamination, les compléments de conditionnement et les transferts. La vitesse moyenne de l'air est de 0,5

mètre par seconde sur toute sa section.

Art. 11. - Contrôles effectués en cours de travaux.

L'employeur met en œuvre une surveillance des rejets d'eau et de la qualité de l'air respirable délivré par les installations prévues à l'article 3 (3°), pendant toute la durée du chantier.

Dans les cas prévus à l'article 4 (1°), lorsque l'empoussièremement attendu est de deuxième ou de troisième niveau, l'employeur met également en œuvre :

1- Un dispositif équipé d'un système d'alerte, étalonné et contrôlé régulièrement, qui mesure et enregistre en permanence le niveau de la dépression.

2- Un test à l'aide d'un générateur de fumée effectué avant le début des travaux, périodiquement, et après tout incident de nature à affecter l'aéraulique de la zone. Ce test vérifie que la dépression empêche tout échange d'air vers l'extérieur de la zone de travail et l'absence de zones mortes, y compris dans les installations de décontamination.

3- Un bilan aéraulique prévisionnel validé par des mesures de vitesse d'air à l'anémomètre avant le début des travaux. Il est vérifié périodiquement et après tout incident de nature à affecter l'aéraulique de la zone.

4- Une surveillance de l'intégrité du confinement.

Art. 12. - Dispositions applicables en fin de travaux. 1° Examen visuel :

Pour les surfaces traitées, l'examen visuel réalisé selon les modalités de la norme NF X 46-21 août 2010 est réputé satisfaisant à l'article R. 4412-140 (1°).

L'employeur consigne par écrit les résultats des contrôles effectués, au titre de l'article R. 4412-140 (1°), sur l'ensemble des zones susceptibles d'avoir été polluées.

Arrêté du 9 octobre 1987 relatif au contrôle de l'aération et de l'assainissement des locaux de travail pouvant être prescrit par l'inspecteur du travail

Modifié par l'arrêté du 29 décembre 1993

(...)

ANNEXE

I.—Mesure de débit d'air

B.—Mesure par exploration du champ de vitesse dans les ouvertures

A défaut de possibilité de mesure dans les conduits, les mesures sont réalisées par exploration du champ de vitesse dans les ouvertures.

Le débit est alors déterminé en appliquant la formule suivante :

Q = k.V.S.

V : étant la vitesse moyenne mesurée dans l'ouverture ;

S : étant la surface de la section totale de l'ouverture ;

k : étant un coefficient de correction caractéristique :

- De l'ouverture
- De la méthode de mesure de la vitesse de l'air
- Le cas échéant, des singularités situées à proximité de l'ouverture.

On prendra 0,6 comme valeur maximale du coefficient k en l'absence d'information précise (...)

Code du travail – Partie réglementaire

Quatrième partie : Santé et sécurité au travail

Livre II : Dispositions applicables aux lieux de travail

Titre II : Obligations de l'employeur pour l'utilisation des lieux de travail

Chapitre II : Aération, assainissement

R 4222-6

Lorsque l'aération est assurée par ventilation mécanique, le débit minimal d'air neuf à introduire par occupant est fixé dans le tableau suivant :

Designation des locaux	Debit minimal d'air neuf par occupant (en mètres cubes par heures)
Bureaux, locaux sans travail physique	25
Locaux de restauration, locaux de vente, locaux de réunion	30
Ateliers et locaux avec travail physique léger	45
Autres ateliers et locaux	60

ANNEXE 2

Bilan aéraulique prévisonnel **Situation A - Exemple 1**

Calcul du volume de chaque zone élémentaire et du volume total de la zone confinée				
Zone élémentaire	A		B	C
Volume zones élémentaires (m ³)	99		66	49,5
Volume de la zone confinée :		214,5 m ³		
Choix de la valeur de la dépression et du taux de renouvellement d'air de la zone				
Taux de renouvellement de la zone souhaité :			8 Vol/h	
Dépression de travail choisie :			20 Pa	
Dépression minimale (seuil bas) choisie :			13 Pa	
Apport d'air SAS personnel (Abaque fournisseur) :	A 13 Pa		320 m³/h	
	A 20 Pa		370 m³/h	
Apport d'air SAS déchets (Abaque fournisseur) :	A 13 Pa		330 m³/h	
	A 20 Pa		450 m³/h	
Apport d'air neuf restant à apporter dans chaque zone élémentaire				
Zone élémentaire	A		B	C
Apport d'air neuf nécessaire à la valeur de la dépression minimale Débit (m ³ /h) = V(zone) * Taux renouvellement souhaité	792		528	396
Apport d'air neuf apporté par les SAS (m ³ /h)	0		0	650
Apport d'air neuf restant à apporter Q (zone) (m ³ /h)	792		528	-254
Choix des entrées d'air de compensation maîtrisées (EACM)				
Débit EACM :	A 13 Pa :		450 m³/h	
	A 20 Pa :		600 m³/h	
Calcul du nombre d'EACM par zone élémentaire				
Zone élémentaire	A1		B	C
Nombre d'EACM à la valeur de la dépression minimale Nombre d'EACM = Q(zone) / Q (EACM)	792/450		528/450	-
	1,76		1,17	-
Soit le nombre d'EACM, arrondi à	2		2	-
Calcul du débit total des apports d'air maîtrisés à la dépression de travail et à la dépression minimale choisies				
	13 Pa		20 Pa	
Apport d'air SAS personnel (m ³ /h)	320		370	
Apport d'air SAS déchets (m ³ /h)	330		450	
Apport d'air par l'outillage pneumatique, la climatisation	0		0	
Apport d'air EACM (m ³ /h)	4 x 450 m³/h		4 x 600 m³/h	
	1800		2400	
Débit total des apports d'air maîtrisés (m ³ /h)	2450 m³/h		3220 m³/h	
Calcul du taux de fuite				
Volume du confinement	214,5 m ³			
Confinement de type	I			
Taux de fuite à 20 Pa	1,4 h-1			
Débit total des fuites = Taux de fuite x Volume du confinement	300,3 m³/h			

Calcul du débit d'air à extraire en permanence à la dépression de travail choisie

Débit à extraire en permanence = Débit des apports d'air maîtrisés + Débit de fuite à 20 Pa

Q (Apports maîtrisés)	= 3220 m ³ /h
Q (Fuites)	= 300,3 m ³ /h
Q (à extraire)	= 3520,3 m ³ /h

Calcul du nombre d'extracteurs

Capacité maximale extracteur	4000 m ³ /h
Capacité minimale extracteur	3400 m ³ /h
Nombre d'extracteurs = Q (à extraire) / Capacité minimale extracteur	= 3520,3 / 3400
	= 1,04
Nombre d'extracteurs	= 2 extracteurs + 1 secours

Evaluation du besoin en nombre d'entrées d'air de réglage (EAR)

Débit EAR à la dépression de travail choisie à 20 Pa, Q (EAR)	= 1420 m ³ /h
Exemple selon abaque du fournisseur	
Capacité maximale des extracteurs, soit	2 x 4000 m ³ /h
	8000 m ³ /h
Débit à extraire en permanence à 20 Pa	3520,3 m ³ /h
Calcul du nombre d'EAR :	(8000 - 3520,3) / 1420
Nombre d'EAR	= 3,15
	Soit 3 EAR

Bilan aéraulique prévisonnel Situation A - Exemple 2**Calcul du volume de chaque zone élémentaire et du volume total de la zone confinée**

Zone élémentaire	A	B	C
Volume zones élémentaires (m ³)	99	66	55,0

Volume de la zone confinée : 220,0 m³

Choix de la valeur de la dépression et du taux de renouvellement d'air de la zone

Taux de renouvellement de la zone souhaité :		8 Vol/h
Dépression de travail choisie :		20 Pa
Dépression minimale (seuil bas) choisie :		13 Pa
Apport d'air SAS personnel (Abaque fournisseur) :	A 13 Pa	320 m³/h
	A 20 Pa	370 m³/h
Apport d'air SAS déchets (Abaque fournisseur) :	A 13 Pa	900 m³/h
	A 20 Pa	1225 m³/h

Apport d'air neuf restant à apporter dans chaque zone élémentaire

Zone élémentaire	A	B	C
Apport d'air neuf nécessaire à la valeur de la dépression minimale Débit (m ³ /h) = V(zone) * Taux renouvellement souhaité	792	528	440
Apport d'air neuf apporté par les SAS (m ³ /h)	0	0	1220
Apport d'air neuf restant à apporter Q (zone) (m ³ /h)	792	528	-780

Choix des entrées d'air de compensation maîtrisées (EACM)

Débit EACM :	A 13 Pa :	450 m³/h
	A 20 Pa :	600 m³/h

Calcul du nombre d'EACM par zone élémentaire

Zone élémentaire	A1	B	C
Nombre d'EACM à la valeur de la dépression minimale Nombre d'EACM = Q(zone) / Q (EACM)	792/450	528/450	-
	1,76	1,17	-
Soit le nombre d'EACM, arrondi à	2	2	-

Calcul du débit total des apports d'air maîtrisés à la dépression de travail et à la dépression minimale choisies

	13 Pa	20 Pa
Apport d'air SAS personnel (m ³ /h)	320	370
Apport d'air SAS déchets (m ³ /h)	900	1225
Apport d'air par l'outillage pneumatique, la climatisation	0	0
Apport d'air EACM (m ³ /h)	4 x 450 m³/h	4 x 600 m³/h
	1800	2400
Débit total des apports d'air maîtrisés (m ³ /h)	3020 m³/h	3995 m³/h

Calcul du taux de fuite

Volume du confinement	220,0 m ³
Confinement de type	I
Taux de fuite à 20 Pa	1,4 h ⁻¹
Débit total des fuites = Taux de fuite x Volume du confinement	308,0 m³/h

Calcul du débit d'air à extraire en permanence à la dépression de travail choisie

Débit à extraire en permanence = Débit des apports d'air maîtrisés + Débit de fuite à 20 Pa

Q (Apports maîtrisés)	= 3995 m ³ /h
Q (Fuites)	= 308,0 m ³ /h
Q (à extraire)	= 4303,0 m³/h

Calcul du nombre d'extracteurs

Capacité maximale extracteur	4000 m ³ /h
Capacité minimale extracteur	3400 m ³ /h
Nombre d'extracteurs = Q (à extraire) / Capacité minimale extracteur	= 4303 / 3400
	= 1,27
Nombre d'extracteurs	= 2 extracteurs + 1 secours

Evaluation du besoin en nombre d'entrées d'air de réglage (EAR)

Débit EAR à la dépression de travail choisie à 20 Pa, Q (EAR)	= 1420 m ³ /h
Exemple selon abaque du fournisseur	
Capacité maximale des extracteurs, soit	2 x 4000 m ³ /h
	8000 m ³ /h
Débit à extraire en permanence à 20 Pa	4303,0 m ³ /h
Calcul du nombre d'EAR :	(8000 - 4303) / 1420
Nombre d'EAR	= 2,60
	Soit 3 EAR

Bilan aéraulique prévisonnel Situation A - Exemple 3**Calcul du volume de chaque zone élémentaire et du volume total de la zone confinée**

Zone élémentaire	A	B	C
Volume zones élémentaires (m ³)	99	66	45,0

Volume de la zone confinée : 210,0 m³

Choix de la valeur de la dépression et du taux de renouvellement d'air de la zone

Taux de renouvellement de la zone souhaité :		8 Vol/h
Dépression de travail choisie :		20 Pa
Dépression minimale (seuil bas) choisie :		13 Pa
Apport d'air SAS personnel (Abaque fournisseur) :	A 13 Pa	320 m³/h
	A 20 Pa	370 m³/h
Apport d'air SAS déchets (Abaque fournisseur) :	A 13 Pa	330 m³/h
	A 20 Pa	450 m³/h

Apport d'air neuf restant à apporter dans chaque zone élémentaire

Zone élémentaire	A	B	C
Apport d'air neuf nécessaire à la valeur de la dépression minimale Débit (m ³ /h) = V(zone) * Taux renouvellement souhaité	792	528	396
Apport d'air neuf apporté par les SAS (m ³ /h)	0	0	650
Apport d'air neuf restant à apporter Q (zone) (m ³ /h)	792	528	-290

Choix des entrées d'air de compensation maîtrisées (EACM)

Débit EACM :	A 13 Pa :	450 m³/h
	A 20 Pa :	600 m³/h

Calcul du nombre d'EACM par zone élémentaire

Zone élémentaire	A1	B	C
Nombre d'EACM à la valeur de la dépression minimale Nombre d'EACM = Q(zone) / Q (EACM)	792/450	528/450	-
	1,76	1,17	-
Soit le nombre d'EACM, arrondi à	2	2	-

Calcul du débit total des apports d'air maîtrisés à la dépression de travail et à la dépression minimale choisies

	13 Pa	20 Pa
Apport d'air SAS personnel (m ³ /h)	320	370
Apport d'air SAS déchets (m ³ /h)	330	450
Apport d'air par l'outillage pneumatique, la climatisation	0	0
Apport d'air EACM (m ³ /h)	4 x 450 m³/h	4 x 600 m³/h
	1800	2400
Débit total des apports d'air maîtrisés (m ³ /h)	2450 m³/h	3220 m³/h

Calcul du taux de fuite

Volume du confinement	210,0 m ³
Confinement de type	I
Taux de fuite à 20 Pa	1,5h-1
Débit total des fuites = Taux de fuite x Volume du confinement	315,0 m³/h

Calcul du débit d'air à extraire en permanence à la dépression de travail choisie

Débit à extraire en permanence = Débit des apports d'air maîtrisés + Débit de fuite à 20 Pa

Q (Apports maîtrisés)	= 3220 m ³ /h
Q (Fuites)	= 315,0 m ³ /h
Q (à extraire)	= 3535,0 m ³ /h

Calcul du nombre d'extracteurs

Capacité maximale extracteur	2000 m ³ /h
Capacité minimale extracteur	17000 m ³ /h
Nombre d'extracteurs = Q (à extraire) / Capacité minimale extracteur	= 3535 / 1700
	= 2,08
Nombre d'extracteurs	= 3 extracteurs + 1 secours

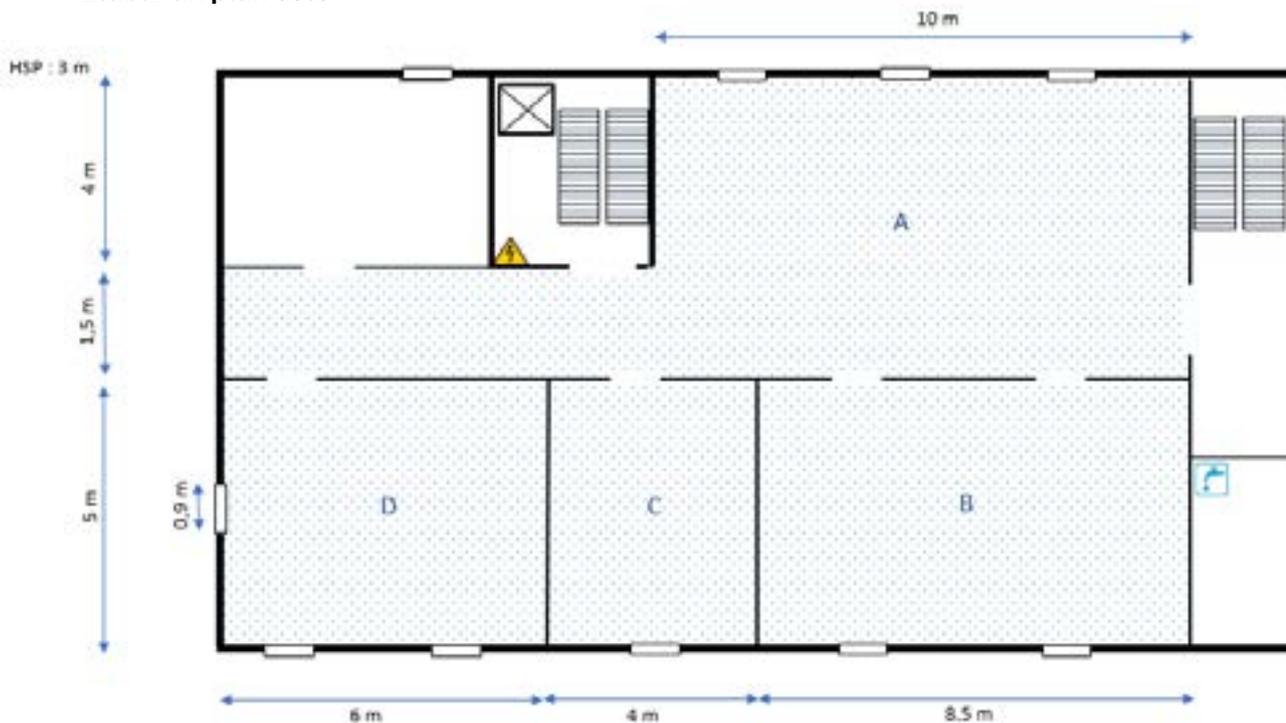
Evaluation du besoin en nombre d'entrées d'air de réglage (EAR)

Débit EAR à la dépression de travail choisie à 20 Pa, Q (EAR)	= 1420 m ³ /h
Exemple selon abaque du fournisseur	
Capacité maximale des extracteurs, soit	3 x 2000 m ³ /h
	6000 m ³ /h
Débit à extraire en permanence à 20 Pa	3535,0 m ³ /h
Calcul du nombre d'EAR :	(6000 - 3535) / 1420
Nombre d'EAR	= 1,74
	Soit 2 EAR

ANNEXE 3 Conception de l'aéraulique **Exemple B**

L'opération de l'exemple B consiste au retrait de MPCA contenant de l'amiante dans les pièces A, B et C et D dans le cadre de la réhabilitation de bureaux.

- ♦ Etablir un plan côté



Dans cet exemple, la visite a permis de savoir que les travaux sont réalisés dans le cadre de la réhabilitation des bureaux de l'étage de ce bâtiment. Les travaux sont réalisés en milieu inoccupé sur cet étage.

L'ascenseur peut être utilisé en dehors des horaires de bureaux. Les amenées et repli de matériel ainsi que l'évacuation des déchets devront se faire en horaires décalés.

Le Maître d'Ouvrage souhaitant conserver les cloisons, il faudra vérifier si MPCA sont présents sous celles-ci. Si tel est le cas, il faudra en informer le maître d'ouvrage et le mentionner dans le rapport de fin de travaux.

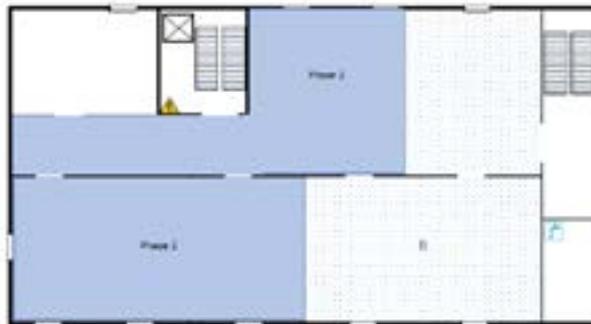
L'impossibilité de créer des ouvertures ou d'abattre des cloisons pour faciliter la mise en œuvre des installations incite l'entreprise à réaliser les travaux en 2 phases.

La solution proposée ci-dessous sera de traiter en partie la pièce A et la pièce B lors de la 1^{ère} phase et le reste du plateau lors de la seconde phase.

PHASE 1

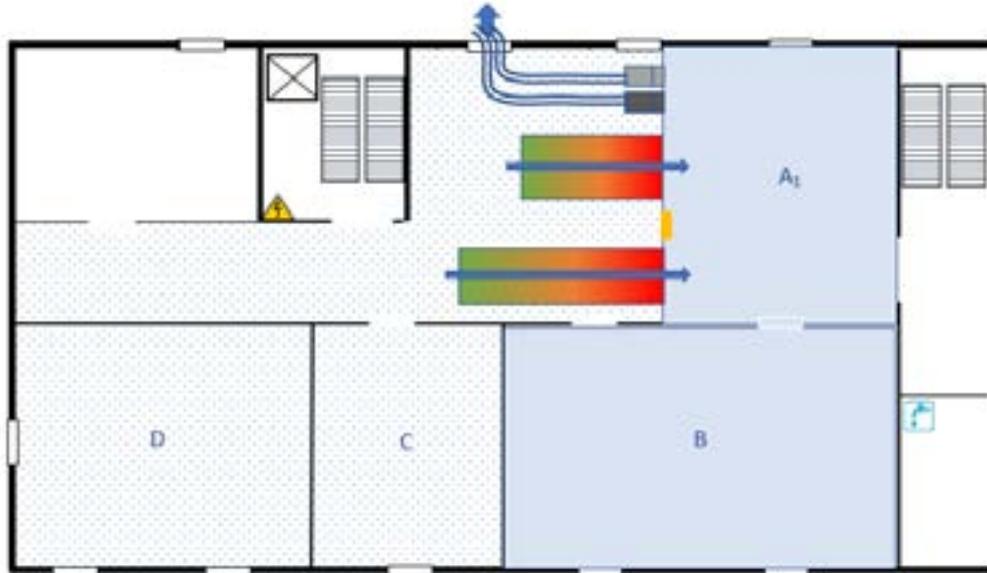


PHASE 2

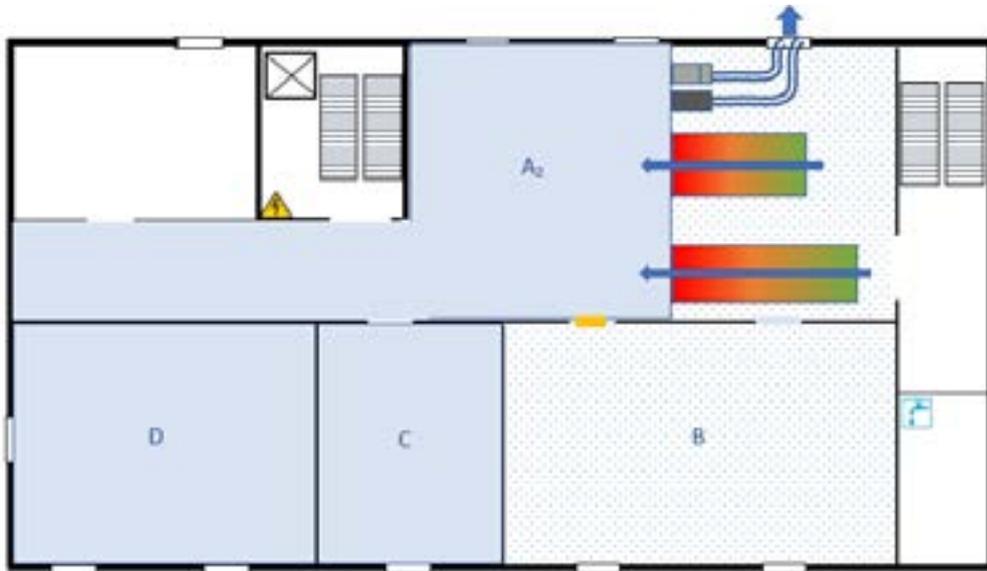


◆ Positionner les équipements

PHASE 1



PHASE 2



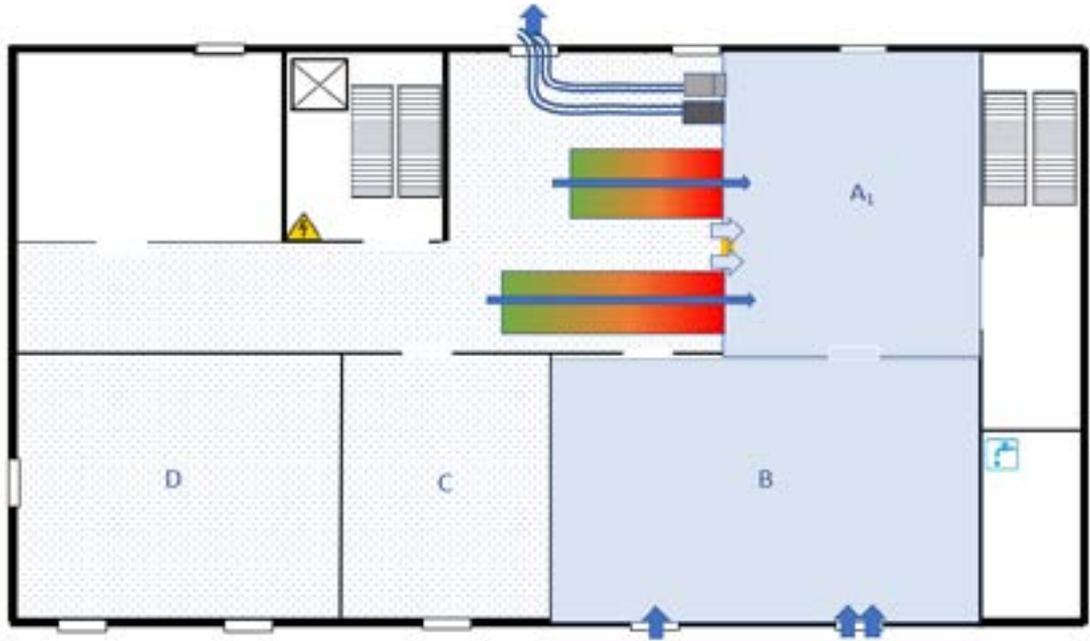
La phase de calcul du bilan aéraulique prévisionnel pour les 2 phases est joint en annexe 3.

Les hypothèses prises pour le calcul sont les suivantes :

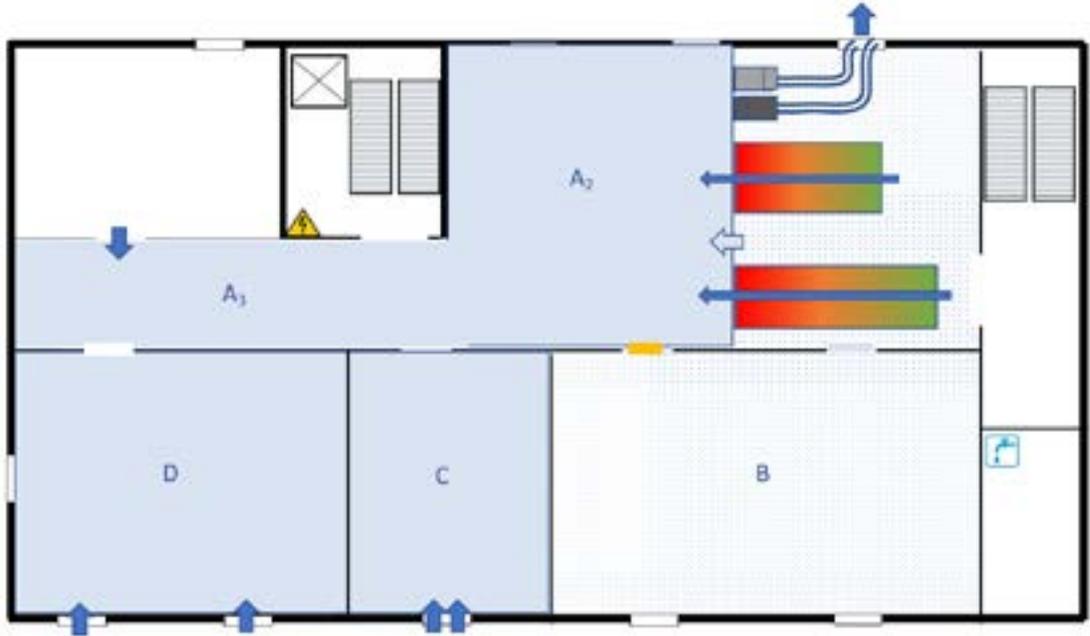
- Taux de renouvellement de l'air de la zone : 8 volumes / heure
- Valeur de la dépression de travail : **20 Pa**
- Valeur de la dépression minimale : **13 Pa**

Le volume de la pièce A étant traité en 2 phases, il faudra veiller à décaler de quelques centimètres la cloison de confinement entre les espaces A1 et A2 afin de traiter toute la surface de sol.

PHASE 1



PHASE 2



	Avantages	Inconvénients
Commun aux deux phases	. Place pour la mise en œuvre des équipements.	. Réalisation des travaux en deux phases : impact sur le planning, sur la métrologie
Phase 1	. Accès à l'ascenseur	. Eloignement de l'alimentation en eau
Phase 2		. Eloignement du tableau électrique

ANNEXE 4

Bilan aéraulique prévisonnel **Situation B - Phase 1**

Calcul du volume de chaque zone élémentaire et du volume total de la zone confinée

Zone élémentaire	A	B
Volume zones élémentaires (m ³)	83	127,5

Volume de la zone confinée : 210,0 m³

Choix de la valeur de la dépression et du taux de renouvellement d'air de la zone

Taux de renouvellement de la zone souhaité :		8 Vol/h
Dépression de travail choisie :		20 Pa
Dépression minimale (seuil bas) choisie :		13 Pa
Apport d'air SAS personnel (Abaque fournisseur) :	A 13 Pa	320 m³/h
	A 20 Pa	370 m³/h
Apport d'air SAS déchets (Abaque fournisseur) :	A 13 Pa	650 m³/h
	A 20 Pa	1000 m³/h

Apport d'air neuf restant à apporter dans chaque zone élémentaire

Zone élémentaire	A	B
Apport d'air neuf nécessaire à la valeur de la dépression minimale Débit (m ³ /h) = V(zone) * Taux renouvellement souhaité	660	1020
Apport d'air neuf apporté par les SAS (m ³ /h)	970	0
Apport d'air neuf restant à apporter Q (zone) (m ³ /h)	-310	1020

Choix des entrées d'air de compensation maîtrisées (EACM)

Débit EACM :	A 13 Pa :	450 m³/h
	A 20 Pa :	600 m³/h

Calcul du nombre d'EACM par zone élémentaire

Zone élémentaire	A1	B
Nombre d'EACM à la valeur de la dépression minimale Nombre d'EACM = Q(zone) / Q (EACM)	-	1020/450
	-	2,27
Soit le nombre d'EACM, arrondi à	-	3

Calcul du débit total des apports d'air maîtrisés à la dépression de travail et à la dépression minimale choisies

	13 Pa	20 Pa
Apport d'air SAS personnel (m ³ /h)	320	370
Apport d'air SAS déchets (m ³ /h)	650	1000
Apport d'air par l'outillage pneumatique, la climatisation	0	0
Apport d'air EACM (m ³ /h)	3 x 450 m³/h	3 x 600 m³/h
	1350	1800
Débit total des apports d'air maîtrisés (m ³ /h)	2320 m³/h	3170 m³/h

Calcul du taux de fuite

Volume du confinement	210,0 m ³
Confinement de type	I
Taux de fuite à 20 Pa	1,5 h ⁻¹
Débit total des fuites = Taux de fuite x Volume du confinement	315,0 m³/h

Calcul du débit d'air à extraire en permanence à la dépression de travail choisie

Débit à extraire en permanence = Débit des apports d'air maîtrisés + Débit de fuite à 20 Pa

Q (Apports maîtrisés)	= 3170 m ³ /h
Q (Fuites)	= 315,0 m ³ /h
Q (à extraire)	= 3485,0 m ³ /h

Calcul du nombre d'extracteurs

Capacité maximale extracteur	2000 m ³ /h
Capacité minimale extracteur	17000 m ³ /h
Nombre d'extracteurs = Q (à extraire) / Capacité minimale extracteur	= 3485 / 1700
	= 2,05
Nombre d'extracteurs	= 3 extracteurs + 1 secours

Evaluation du besoin en nombre d'entrées d'air de réglage (EAR)

Débit EAR à la dépression de travail choisie à 20 Pa, Q (EAR)	= 1420 m ³ /h
Exemple selon abaque du fournisseur	
Capacité maximale des extracteurs, soit	3 x 2000 m ³ /h
	6000 m ³ /h
Débit à extraire en permanence à 20 Pa	3485,0 m ³ /h
Calcul du nombre d'EAR :	(6000 - 3485) / 1420
Nombre d'EAR	= 1,77
	Soit 2 EAR

Bilan aéraulique prévisonnel Situation B - Phase 2

Calcul du volume de chaque zone élémentaire et du volume total de la zone confinée

Zone élémentaire	A2	A3	C	D
Volume zones élémentaires (m ³)	90,75	36	60	90,0

Volume de la zone confinée : 276,75 m³

Choix de la valeur de la dépression et du taux de renouvellement d'air de la zone

Taux de renouvellement de la zone souhaité :		8 Vol/h
Dépression de travail choisie :		20 Pa
Dépression minimale (seuil bas) choisie :		13 Pa
Apport d'air SAS personnel (Abaque fournisseur) :	A 13 Pa	320 m ³ /h
	A 20 Pa	370 m ³ /h
Apport d'air SAS déchets (Abaque fournisseur) :	A 13 Pa	650 m ³ /h
	A 20 Pa	1000 m ³ /h

Apport d'air neuf restant à apporter dans chaque zone élémentaire

Zone élémentaire	A2	A3	C	D
Apport d'air neuf nécessaire à la valeur de la dépression minimale Débit (m ³ /h) = V(zone) * Taux renouvellement souhaité	726	288	480	720
Apport d'air neuf apporté par les SAS (m ³ /h)	970	0	0	0
Apport d'air neuf restant à apporter Q (zone) (m ³ /h)	-244	288	480	720

Choix des entrées d'air de compensation maîtrisées (EACM)

Débit EACM :	A 13 Pa :	450 m ³ /h
	A 20 Pa :	600 m ³ /h

Calcul du nombre d'EACM par zone élémentaire

Zone élémentaire	A2	A3	C	D
Nombre d'EACM à la valeur de la dépression minimale Nombre d'EACM = Q(zone) / Q (EACM)	-	288/450	480/450	720/450
	-	0,64	1,07	1,6
Soit le nombre d'EACM, arrondi à	-	1	2	2

Calcul du débit total des apports d'air maîtrisés à la dépression de travail et à la dépression minimale choisies

	13 Pa	20 Pa
Apport d'air SAS personnel (m ³ /h)	320	370
Apport d'air SAS déchets (m ³ /h)	650	1000
Apport d'air par l'outillage pneumatique, la climatisation	0	0
Apport d'air EACM (m ³ /h)	5 x 450 m ³ /h	5 x 600 m ³ /h
	2250	3000
Débit total des apports d'air maîtrisés (m ³ /h)	3220 m ³ /h	4370 m ³ /h

Calcul du taux de fuite

Volume du confinement	276,8 m ³
Confinement de type	I
Taux de fuite à 20 Pa	1,2 h-1
Débit total des fuites = Taux de fuite x Volume du confinement	332,1 m³/h

Calcul du débit d'air à extraire en permanence à la dépression de travail choisie

Débit à extraire en permanence = Débit des apports d'air maîtrisés + Débit de fuite à 20 Pa

Q (Apports maîtrisés)	= 4370 m ³ /h
Q (Fuites)	= 332,1 m ³ /h
Q (à extraire)	= 4702,1 m ³ /h

Calcul du nombre d'extracteurs

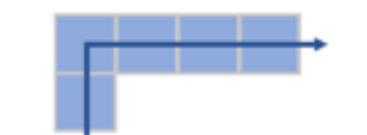
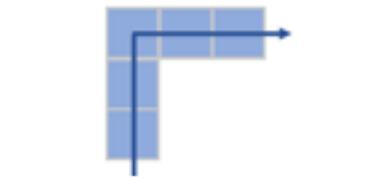
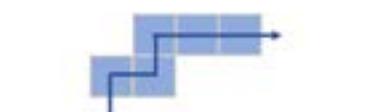
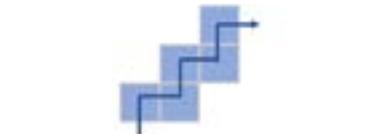
Capacité maximale extracteur	2000 m ³ /h
Capacité minimale extracteur	17000 m ³ /h
Nombre d'extracteurs = Q (à extraire) / Capacité minimale extracteur	= 4702,1 / 1700
	= 2,77
Nombre d'extracteurs	= 3 extracteurs + 1 secours

Evaluation du besoin en nombre d'entrées d'air de réglage (EAR)

Débit EAR à la dépression de travail choisie à 20 Pa, Q (EAR)	= 1420 m ³ /h
Exemple selon abaque du fournisseur	
Capacité maximale des extracteurs, soit	3 x 2000 m ³ /h
	6000 m ³ /h
Débit à extraire en permanence à 20 Pa	4702,1 m ³ /h
Calcul du nombre d'EAR :	(6000 - 4702,1) / 1420
Nombre d'EAR	= 0,91
	Soit 1 EAR

ANNEXE 5
Influence de la configuration de montage
de l'installation de décontamination
sur le débit aux valeurs de dépression à 15 Pa et 20 Pa

Exemple d'abaque

Configuration	Dépression	
	15 Pa	20 Pa
	327 m ³ /h	370 m ³ /h
	320 m ³ /h	365 m ³ /h
	315 m ³ /h	355 m ³ /h
	290 m ³ /h	330 m ³ /h
	308 m ³ /h	350 m ³ /h
	290 m ³ /h	320 m ³ /h
	259 m ³ /h	345 m ³ /h
	296 m ³ /h	344 m ³ /h
	287 m ³ /h	329 m ³ /h
	277 m ³ /h	319 m ³ /h

ANNEXE 6

FORMULAIRE CONTRÔLE D'ÉTANCHÉITÉ ET D'AÉRAULIQUE		Page 1 sur 2
---	--	--------------

Affaire :	Zone :
-----------	--------

Contrôle :	<input type="checkbox"/> - initial avant démarrage du retrait
	<input type="checkbox"/> - suite à un incident (chute dépression, déchirure, ...) :

1) Contrôles visuels

C : Conforme / NC : Non-Conforme	Zone confinée	Sas Personnel	Sas Matériel
Etanchéité → Absence d'échappement de fumée			
Zones mortes → Absence de fumées résiduelles localisées			
Remarques :		<input type="checkbox"/> 1) Contrôles visuels conformes	

2) Contrôle du renouvellement d'air dans le compartiment douche d'hygiène du sas personnel

Volume du comp. douche (m3) :	C =	Section entrée d'air (m ²) :	S _{eff} =
Nombre d'ouvertures	n =	Section totale (m ²) :	S _{tot} = S x n =
Vitesse moyenne de l'air (m/s) :	v =	Débit entrant (m ³ /min) :	Q = S _{tot} x v x 60 =
Renouvellement d'air (vol./min) :	Q / C =	<input type="checkbox"/> 2) Renouvellement d'air > xx volumes/min	

3) Contrôle de la vitesse de l'air dans le sas matériel

à la section de passage des déchets :	v =	<input type="checkbox"/> 3) Vitesse de l'air > xx m/s (barrière dynamique)
---------------------------------------	-----	--

4) Contrôle de l'aéraulique en mode dégradé

→ se référer au tableau page suivante	<input type="checkbox"/> 4) Tous les contrôles du protocole sont conformes
---	--

5) Validation de la conformité des 4 contrôles

<input type="checkbox"/> NON :	<input type="checkbox"/> OUI : → Les travaux peuvent démarrer
Remarques :	Responsable chantier : Nom + Visa + Date :

ANNEXE 7 Bilan aéraulique sur chantier

Calcul du volume des zones élémentaires (ZE)

	Longueur (m)	Largeur (m)	Hauteur (m)	Volume (m ³)
ZE 01				
ZE 02				
ZE 03				
ZE 04				
			Total V (ZE)	(1)

Calcul des débits extraits

	S (m ²)	Vitesse (m/s)	Coef k	D bit Q (m ³ /h)
				S x v x k x 3600
Extracteur 1				
Extracteur 2				
Extracteur 3				
Extracteur 4				
Extracteur 5				
Extracteur 6				
Extracteur 7				
Extracteur 8				
Extracteur 9				
Extracteur 10				
			Total Q extrait	(2)

Calcul des débits entrants et du taux de renouvellement par zone élémentaire

Zone élémentaire 1				
	S (m ²)	Vitesse (m/s)	Coef k	D bit Q (m ³ /h)
				S x v x k x 3600
SAS personnel				
Grille 1				
Grille 2				
Grille 3				
SAS déchets				
Grille 1				
Grille 2				
Grille 3				
Entrées d'air (EA)				
EA01				
EA02				
EA03				
EA04				
EA05				
			Total Q (ZE 01)	(3)

$$\text{Taux de renouvellement d'air ZE 01} = \frac{\text{Débit entrant ZE 01}}{\text{Volume ZE 01}} =$$

Zone élémentaire 2				
	S (m ²)	Vitesse (m/s)	Coef k	D bit Q (m ³ /h)
				S x v x k x 3600
SAS personnel				
Grille 1				
Grille 2				
Grille 3				
SAS déchets				
Grille 1				
Grille 2				
Grille 3				
Entrées d'air (EA)				
EA01				
EA02				
EA03				
EA04				
EA05				
			Total Q (ZE 02)	(4)

$$\text{Taux de renouvellement d'air ZE 02} = \frac{\text{Débit entrant ZE 02}}{\text{Volume ZE 02}} =$$

Zone élémentaire 3				
	S (m ²)	Vitesse (m/s)	Coef k	D bit Q (m ³ /h)
				S x v x k x 3600
SAS personnel				
Grille 1				
Grille 2				
Grille 3				
SAS déchets				
Grille 1				
Grille 2				
Grille 3				
Entrées d'air (EA)				
EA01				
EA02				
EA03				
EA04				
EA05				
			Total Q (ZE 03)	(5)

$$\text{Taux de renouvellement d'air ZE 03} = \frac{\text{Débit entrant ZE 03}}{\text{Volume ZE 03}} =$$

Zone élémentaire 4				
	S (m ²)	Vitesse (m/s)	Coef k	D bit Q (m ³ /h)
				S x v x k x 3600
SAS personnel				
Grille 1				
Grille 2				
Grille 3				
SAS déchets				
Grille 1				
Grille 2				
Grille 3				
Entrées d'air (EA)				
EA01				
EA02				
EA03				
EA04				
EA05				
			Total Q (ZE 04)	(6)

$$\text{Taux de renouvellement d'air ZE 04} = \frac{\text{Débit entrant ZE 04}}{\text{Volume ZE 04}} =$$

Validation du bilan aéraulique

A la dépression de travail, le taux de renouvellement d'air de chaque zone élémentaire est-il conforme au bilan aéraulique prévisionnel ? Oui / Non

Zone élémentaire	Taux de renouvellement ZE à la dépression de travail	Coefficient à appliquer (*)	Taux de renouvellement ZE à la dépression seuil bas (13 Pa)	Conforme / Non conforme	Observation
	Tx 20 Pa	Coef	Tx 20 Pa x Coef		
ZE 01					
ZE 02					
ZE 03					
ZE 04					

(*) Le coefficient à appliquer est calculé sur la base des abaques des fournisseurs ou du retour d'expérience de l'entreprise

Le taux de renouvellement de l'air de chaque zone élémentaire doit être conforme au taux fixé dans le bilan aéraulique prévisionnel à la valeur de dépression minimale choisie.

Débit entrant maîtrisé total (m³/h) = (7) = (3) + (4) + (5) + (6)

$$\text{Taux de renouvellement de la zone moyen (vol/h)} = \frac{\text{Débit entrant maîtrisé total (m}^3\text{/h)}}{\text{Volume total zone V (ZE) = (01)}}$$

Débit de fuite (m³/h) = (8) = (2) - (7) = Débit extrait total - Débit entrant maîtrisé total

Taux de fuite (vol/h) = (8) / (1) = Débit de fuite / Volume total zone *Le débit de fuite doit impérativement être positif*