

Sorbonnes de laboratoire

Sorbonnes de laboratoire

Sous la direction
de Jean-Michel Dessagne
et de Jérôme Triolet

Sommaire

1. Définitions et description	4
1.1. Généralités	4
1.2. Sorbonnes à débit variable	5
1.3. Sorbonnes à air auxiliaire	5
2. Réglementation et normalisation	6
3. Spécifications relatives à la sécurité	8
4. Choix d'une sorbonne	9
4.1. Analyse de la situation	9
4.2. Cahier des charges.....	10
5. Installation	11
5.1. Ventilation de compensation du local.....	11
5.2. Dispositif d'extraction	12
5.3. Emplacement de la sorbonne.....	15
6. Réception	16
7. Exploitation	16
7.1. Règles d'usage	16
7.2. Maintenance et contrôles périodiques.....	17
8. Amélioration des sorbonnes existantes	17
Annexe	19
Bibliographie	25

Introduction

Ce document a été établi par un groupe de travail, constitué sous l'égide de la Caisse nationale de l'assurance maladie (CNAM), comprenant des spécialistes en ventilation et nuisances chimiques des Caisses régionales d'assurance maladie (CRAM), du GP'Sup¹ et de l'INRS.

Il a été préparé dans le but de servir de guide et de document de référence à l'usage des personnes et organisations concernées par la conception, le choix, l'installation, l'utilisation, la maintenance et le contrôle des sorbonnes de laboratoire. Il traitera également, quoique succinctement, de la ventilation de compensation des locaux. Il a été élaboré après consultation du CIFL², de Fabrilabo, du CETIAT³, du CNRS⁴, de divers laboratoires de contrôle et d'industriels du secteur.

Se voulant essentiellement un guide pratique, il est destiné à la **prévention des seuls risques chimiques et toxicologiques** présentés par les produits manipulés sous les sorbonnes. Les autres risques et nuisances (électricité, bruit, mécaniques, effets sur l'environnement des polluants rejetés) ne seront pas abordés ou, tout au plus, ne le seront-ils qu'au titre de risques secondaires consécutifs à la mise en œuvre de la ventilation des sorbonnes et des locaux.

Dans le cadre de ce guide, il ne sera pas fait référence aux valeurs limites de concentrations des polluants au poste de travail. En effet, les travaux de laboratoires de chimie se caractérisent par la grande diversité des polluants dégagés. Bien que les quantités générées soient souvent faibles, la méconnaissance actuelle des effets synergiques des mélanges ne permet pas de raisonner en termes de valeurs limites admissibles comme on le fait généralement dans les situations où l'on rencontre un ou quelques polluants.

Les recommandations faites ici sont de nature à faciliter l'atteinte d'un objectif de salubrité de l'air au poste de travail des opérateurs. Elles sont susceptibles d'évoluer en fonction de l'expérience acquise au cours de leur mise en œuvre, de résultats d'études conduites sur ce thème ou de modifications apportées sur le plan réglementaire. Sur le plan aéraulique, les préconisations de ce guide s'appliquent principalement aux sorbonnes classiques installées depuis de nombreuses années dans les laboratoires, ainsi qu'aux sorbonnes de ce type encore installées aujourd'hui. Il est en effet à noter qu'apparaissent depuis peu de nouvelles sorbonnes mettant en œuvre des dispositions aérauliques destinées à maintenir leur efficacité pour des débits d'air réduits. Toutes les recommandations de ce guide ne sont pas nécessairement adaptées à cette nouvelle génération de sorbonnes et des études complémentaires sont nécessaires (*voir encadré 3*). C'est pourquoi ce guide pourra être, au besoin, modifié. Le groupe de travail demande à toute personne ayant des avis ou des critiques à formuler sur ce document de bien vouloir les lui faire connaître⁵.

¹ GP'Sup : Groupement national pour la prévention des risques professionnels dans l'enseignement supérieur

² CIFL : Comité interprofessionnel des fournisseurs de laboratoires

³ CETIAT : Centre technique des industries aérauliques et thermiques

⁴ CNRS : Centre national de la recherche scientifique

⁵ S'adresser à l'INRS en faisant référence au groupe de travail « Sorbonnes »

1. Définitions et description

1.1. Généralités

Les sorbonnes sont des enceintes ventilées en dépression qui aspirent l'air dans le local et le rejettent dans l'atmosphère extérieure au moyen d'un ventilateur. Il s'agit d'équipements de protection collective destinés principalement à protéger les opérateurs des risques d'inhalation de produits chimiques dangereux.

Les sorbonnes sont utilisées pour la protection des opérateurs contre les polluants gazeux et particulaires, à l'exclusion des micro-organismes et des particules radioactives. Elles peuvent également agir comme extracteurs de polluants dégagés massivement lors de fuites accidentelles. Ce sont des dispositifs de captage enveloppants dont l'usage est très répandu [1,2].

Le volume de travail de la sorbonne est délimité par des parois fixes et un écran composé d'une ou plusieurs parois mobiles et transparentes (voir figures 1 et 2). Le fonctionnement normal de la sorbonne, pendant les phases de dégagement des polluants, requiert la fermeture partielle, voire maximale, de l'écran. Par fermeture partielle, il faut entendre la fermeture juste compatible avec la possibilité pour l'opérateur d'introduire ses bras et

d'effectuer les mouvements nécessaires à la manipulation. La fermeture maximale ménage une surface d'entrée d'air suffisante pour empêcher la réduction excessive de la ventilation ou la création de courants d'air internes exagérés. Dans ce cas, l'introduction des bras n'est plus possible, à moins que l'écran soit muni d'opercules mobiles.

La position de l'écran doit être adaptée à la phase de travail avec pour objectif de réduire au maximum l'ouverture.

On peut distinguer :

- la position de travail, appliquée lors des phases de dégagement des polluants, comprise entre les fermetures partielle et maximale définies ci-dessus ;
- la position de maintenance qui délimite une ouverture plus grande, nécessaire à l'entretien de la sorbonne ou à l'installation de matériel dans le volume de travail ; cette position ne doit pas être utilisée lors de la manipulation de produits dans la sorbonne car le confi-

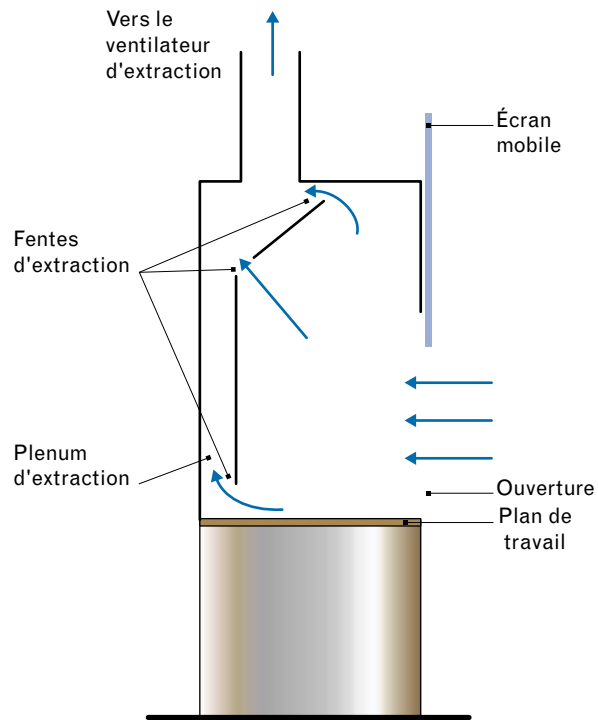


Figure 1 • Schéma général d'une sorbonne.

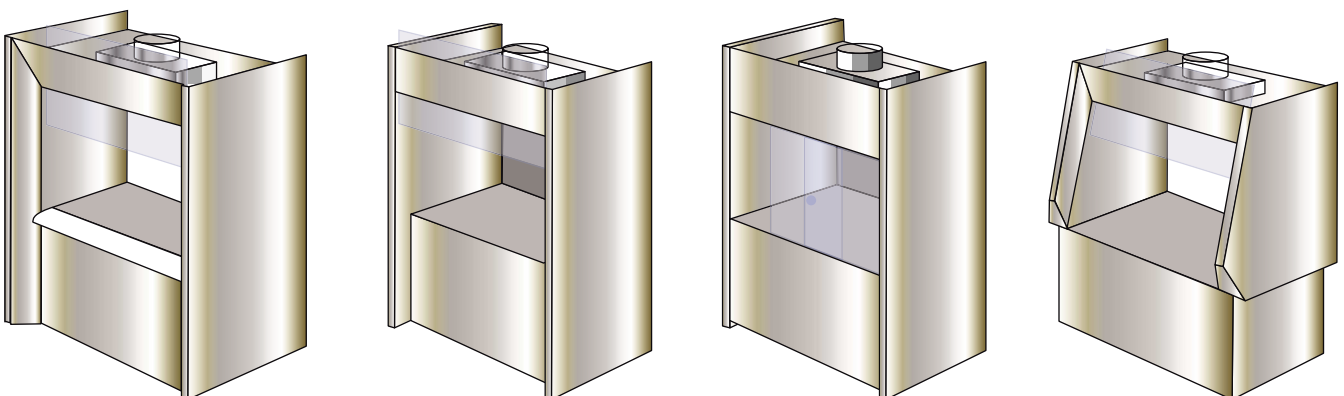


Figure 2 • Types de sorbonnes existantes.

nement n'est alors pas suffisant et la protection de l'opérateur en cas de projection est plus faible.

L'écran mobile, situé sur la face avant, peut être à mouvement vertical ou horizontal. La manœuvre manuelle de l'écran est facilitée par un dispositif d'équilibrage. Lorsque l'écran est à mouvement horizontal, il comporte plusieurs sections.

Certains écrans à mouvement vertical sont composés de plusieurs sections à coulissement horizontal.

La position de l'écran détermine les dimensions de l'ouverture par laquelle un écoulement d'air caractérisé par sa vitesse – dite vitesse frontale – réalise le confinement des polluants générés dans le volume de travail.

Le plenum d'extraction, au dos de la sorbonne, répartit le débit d'air aspiré entre les fentes d'extraction, dont le nombre, la position et la largeur sont variables selon les constructeurs. Le conduit d'extraction est raccordé à un ventilateur.

Autrefois, dans la très grande majorité des cas, le ventilateur délivrait un débit constant quelle que soit la position de l'écran mobile. Dans le cas d'une telle sorbonne à débit constant, la vitesse frontale de l'air varie en proportion inverse de la surface de l'ouverture. Aujourd'hui, pour des questions d'économies d'énergie, de nombreuses sorbonnes sont installées avec 2 vitesses d'aspiration (Petite vitesse qui passe automatiquement en Grande vitesse à partir de 10-15 cm d'ouverture) ou sont à débit variable (voir § 1.2.).

Les types particuliers de sorbonnes décrits ci-après permettent de réaliser des économies d'énergie.

Toutefois, il convient dans tous les cas de minimiser le débit d'air en appliquant des principes de bon sens consistant, par exemple lors de la conception, à éviter des largeurs de sorbonnes excessives ou, en exploitation, à pratiquer l'intermittence de l'extraction.

1.2. Sorbonnes à débit variable

Le principe du débit d'air extrait variable en fonction de la surface de l'ouverture permet de limiter la vitesse frontale lorsque cette ouverture est réduite. Il présente en outre l'intérêt d'ajuster les rejets d'air chauffé au minimum requis par la ventilation efficace de la sorbonne. On notera que la réduction du débit d'extraction permet la réduction concomitante du bruit et des courants d'air produits par les bouches d'insufflation d'air dans les locaux.

La réduction du débit aspiré ne doit cependant pas se traduire, par défaut de dilution dans la sorbonne, par un accroissement de concentration des produits susceptibles d'être dégagés tel qu'il y ait dépassement des 25 % de la LIE (limite inférieure d'explosivité) à l'intérieur de la sorbonne.

La variation de débit peut être obtenue soit par paliers grâce à un ventilateur à deux ou trois vitesses, soit en continu par l'une des techniques suivantes (par ordre décroissant d'efficacité) : ventilateur à vitesse variable, inclineurs à l'aspiration, registre piloté. Le réglage du débit extrait est commandé par des capteurs de repérage de la position de l'écran ou par un capteur de vitesse d'air placé dans un orifice percé sur une paroi de la sorbonne. Ce dernier mesure la vitesse de l'air passant par l'orifice, qui est assimilée à la vitesse d'air frontale.

Les sorbonnes doivent assurer en permanence la protection des opérateurs. En raison de la complexité technique de ce type de sorbonne, il est impératif de faire appel à des concepteurs et des installateurs ayant une solide expérience des systèmes de régulation des débits extraits et de l'indispensable asservissement de la compensation d'air à l'extraction (voir § 5.1.). Le problème est encore plus délicat en présence de plusieurs ventilateurs et dans le cas de modifications d'installations existantes, avec le risque de déséquilibrer le fonctionnement aérodynamique.

1.3. Sorbonnes à air auxiliaire

Le principe de fonctionnement des sorbonnes à air auxiliaire est d'alimenter partiellement la sorbonne avec de l'air pris directement à l'extérieur. Cet air subit donc un traitement climatique moins coûteux que celui pris dans le local. Par rapport au cas précédent, seul se pose le problème de réduction excessive du débit aspiré dans le local de travail, lorsque la ventilation générale du local est uniquement assurée par le fonctionnement des sorbonnes.

Une sorbonne à air auxiliaire externe (voir figure 3) est une sorbonne à laquelle est ajouté un système composé d'un conduit, d'un ventilateur et d'un caisson placé en partie supérieure de la face avant qui souffle un courant d'air vers le

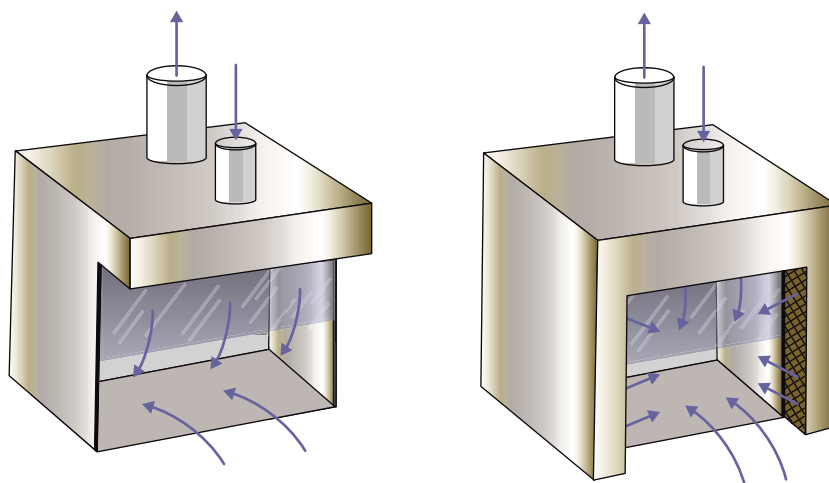


Figure 3 • Sorbonnes à air auxiliaire externe.

bas dans un plan parallèle à la face externe de l'écran. Certains caissons encadrent en plus les deux côtés de la sorbonne, soufflant l'air auxiliaire externe dans trois directions. Comme il existe un rapport nominal, déterminé par le fabricant, entre le débit de l'air auxiliaire et celui extrait par la sorbonne, il convient que le premier soit asservi au second.

Dans certaines réalisations, l'air auxiliaire est soufflé directement dans la sorbonne, dite alors à air auxiliaire interne. Cette disposition est critiquable car délicate à maîtriser ; elle risque de perturber l'écoulement interne de la sorbonne sans pour autant permettre de réduire le débit d'air chauffé aspiré par l'ouverture. De plus, le débit de l'air auxiliaire interne doit être adapté aux manipulations réalisées dans la sorbonne.

Les nombreuses réserves formulées ci-dessus se veulent dissuasives. La justification économique des sorbonnes

à air auxiliaire doit faire l'objet, au cas par cas, d'une étude de rentabilité complète tenant compte des contraintes supplémentaires en matériel et entretien.

2. Réglementation et normalisation

Les concentrations des polluants émis dans l'atmosphère des locaux doivent être maintenues les plus basses possibles, et en deçà des valeurs limites d'exposition professionnelles [3] lorsqu'elles existent. Cette exigence de réduction des concentrations au niveau le plus bas techniquement possible s'applique tout particulièrement aux produits CMR (cancérogène, mutagène, toxique pour la reproduction) pour lesquels la notion de valeur limite n'est pas adaptée.

Il n'existe pas de réglementation spécifique à la ventilation des laboratoires

de chimie. Au sens de la réglementation concernant l'aération et l'assainissement des lieux de travail, un laboratoire de chimie est un local de travail à pollution spécifique.

Dans le cadre de cette réglementation, et plus généralement dans le cadre d'une démarche de prévention, il convient de privilégier les moyens de protection collective (*voir encadré 1*). Pour atteindre l'objectif de réduction de l'exposition, on utilise des dispositifs de ventilation, d'encoffrement et de captage des émanations au plus proche de leur point d'émission.

Les sorbonnes sont à considérer comme des dispositifs de captage enveloppant auxquels doit être associée une ventilation dite « de compensation » destinée à assurer une entrée d'air neuf correspondant au débit d'air extrait par les sorbonnes et autres dispositifs présents dans les locaux.

ENCADRÉ 1

Protection collective dans les laboratoires de chimie

Dans les laboratoires de chimie, on utilise un certain nombre de dispositifs de ventilation localisée adaptés à la nature des agents manipulés, à la taille et au type des opérations effectuées et suffisamment polyvalents pour répondre à leur diversité. Ces dispositifs peuvent se présenter sous la forme de dispositifs de captage à la source mobiles ou non (buses aspirantes, entonnoirs aspirants, anneaux aspirants, tables ventilées, dossierets aspirants...) et surtout d'enceintes ventilées [1,2]. Ces enceintes ventilées sont le plus souvent des sorbonnes de laboratoire, mais d'autres dispositifs peuvent être utilisés.

Isolateurs (boîtes à gants)

Définition : *enceinte étanche, souple ou rigide, maintenue en surpression ou en dépression selon les cas, parfois sous atmosphère inerte. Air entrant et air sortant sont filtrés avant rejet dans le laboratoire ou à l'extérieur. L'accès au volume de travail se fait par l'intermédiaire de gants à manchettes ou d'un demi-scaphandre.*

Lorsque l'analyse des risques montre que la toxicité des substances susceptibles de se dégager est telle que la protection apportée par une sorbonne risque d'être insuffisante (produits très toxiques, cancérogènes, mutagènes ou toxiques pour la reproduction) ou lorsque la manipulation doit avoir lieu en atmosphère contrôlée, il est fait appel à des isolateurs qui assurent une protection totale.

Postes de sécurité microbiologique (PSM)

Définition : *enceinte ventilée destinée à assurer la protection de l'utilisateur et de l'environnement contre les dangers liés aux aérosols dans la manipulation de micro-organismes potentiellement dangereux, l'air rejeté dans l'atmosphère étant filtré.*

L'air alimentant les sorbonnes provient du laboratoire et il n'a donc pas été filtré ou épuré au préalable. Les sorbonnes ne sont pas adaptées aux opérations nécessitant la protection des produits manipulés vis-à-vis des polluants présents dans l'atmosphère du laboratoire. Elles ne sont pas adaptées en particulier à la manipulation de micro-organismes et on ne les rencontrera pratiquement pas dans les laboratoires de biologie où elles font place à des PSM [21].

Sorbonnes à recirculation (anciennement « enceintes pour toxiques à recyclage d'air filtré (ETRAF) ») [22]

Définition : *espace de travail partiellement fermé, ventilé par un courant d'air à travers une ouverture de travail réglable, qui limite la propagation vers l'opérateur et autres personnels des polluants de l'air générés dans cet espace et qui assure la filtration de ces polluants de l'air et le renvoi de l'air filtré dans le local.*

L'air filtré ou épuré étant recyclé dans le laboratoire, on réservera l'utilisation de ces enceintes à des opérations de même type dégageant des produits connus comme efficacement retenus par un filtre ou adsorbés par un épurateur adapté à la nature chimique des produits à retenir. La liste de ces produits devra être affichée sur la sorbonne à recirculation. En conséquence, une sorbonne à recirculation ne présente pas le même niveau de polyvalence qu'une sorbonne classique.

Un dispositif capable de signaler une insuffisance de filtration ou d'épuration sera inséré sur l'air recyclé. **Un suivi rigoureux et le remplacement de l'épurateur, lorsque c'est nécessaire, doivent être assurés.**

L'utilisation des sorbonnes à recirculation est à proscrire lorsque des produits CMR sont susceptibles d'être dégagés.

ENCADRÉ 2

Normes en vigueur

JUSQU'EN 2003, en France, la norme en vigueur concernant les sorbonnes de laboratoire était la norme française expérimentale XP X 15-203 de septembre 1996. Très novatrice, elle prévoyait un essai de type (un pour chaque modèle de sorbonne, effectué dans une salle spécialement conçue pour ce type d'essai), un essai de réception une fois la sorbonne installée sur le lieu de travail, puis des essais périodiques destinés à contrôler le maintien des performances observées lors de la réception. La norme XP X 15-203 fixait de plus un seuil de 0,1 ppm de SF₆, à ne pas dépasser lors d'un essai de confinement, effectué dans le plan d'ouverture de la façade mobile (avec ouverture à 400 mm), que ce soit lors de l'essai de type ou de l'essai de réception. Un seuil de 0,4 m/s était également fixé pour la vitesse d'air dans le plan d'ouverture de la façade mobile (toujours avec ouverture à 400 mm), vitesse qui permettait de suivre une éventuelle dérive des performances lors des essais périodiques.

AUJOURD'HUI, cette norme a été remplacée par un ensemble de six documents normatifs européens, publiés entre 2003 et 2007 [5 à 10]. L'esprit de ces normes diffère sensiblement dans le fait qu'elles ne sont pas prescriptives, ne fixant aucun seuil de performance et laissant aux réglementations ou normes nationales le soin de le faire si elles le jugent nécessaire. Ces nouvelles normes européennes doivent avant tout permettre de comparer de manière exhaustive les performances de deux sorbonnes, en laissant à l'utilisateur le soin de choisir celle qui lui convient le mieux, en fonction de ses besoins, donc de l'analyse des risques des manipulations qu'il envisage d'effectuer dans cette sorbonne. En conséquence, la conformité affichée à l'une de ces normes traduit essentiellement le fait que la sorbonne concernée a été testée selon les méthodes prévues par cette norme.

Le contenu de ces nouvelles normes européennes est le suivant :

■ NF EN 14175-1 – Vocabulaire, octobre 2003 : définitions utiles au reste de la série et glossaire en sept langues européennes ;

■ NF EN 14175-2 – Exigences de sécurité et de performance, octobre 2003 : peu d'exigences, essentiellement sur l'architecture générale, les matériaux, la façade mobile ; **aucune exigence aéraulique**. Sur ce dernier point, l'article 8.1 prévoit explicitement la possibilité de fixer des seuils au plan national ;

■ NF EN 14175-3 – Méthodes d'essai de type, août 2004 : batterie d'essais, assez lourde, à mettre intégralement en œuvre dans une salle spé-

cialement conçue. Sont notamment prévues la mesure de la vitesse d'air ainsi que celle du confinement dans le plan d'ouverture de la façade mobile, selon des modalités pratiquement identiques à celles qui prévalaient dans la norme XP X 15-203 ;

■ NF EN 14175-4 – Méthodes d'essai sur site, février 2005 : catalogue d'essais au choix du donneur d'ordres pour tester une sorbonne installée sur le lieu de travail, qu'elle ait ou non subi l'essai de type prévu dans la NF EN 14175-3 ;

■ TS 14175-5 – Recommandations pour installation et entretien, août 2006 : Technical Specification (en anglais uniquement), document à valeur normative plus faible qu'une norme donnant essentiellement un certain nombre de conseils d'installation afin d'éviter des dispositions affectant le bon fonctionnement d'une sorbonne (distances entre sorbonnes, distances vis-à-vis d'obstacles, ouvertures ou circulations...);

■ NF EN 14175-6 – Sorbonnes à débit d'air variable, août 2006 : batterie d'essais à mettre en œuvre pour tester soit un dispositif variateur de débit d'air adaptable sur sorbonne, soit une sorbonne équipée d'un tel dispositif.

Au niveau national, en complément et conformément à la possibilité qui est offerte à l'article 8.1 de la NF EN 14175-2, a été publiée la norme française expérimentale XP X 15-206 de janvier 2005 [11]. Elle fixe un seuil de 0,1 ppm de SF₆ à ne pas dépasser lors de l'essai de confinement dans le plan d'ouverture de la façade mobile, effectué selon la méthode décrite au paragraphe 5.3 de la norme NF EN 14175-3 ou au paragraphe 5.10 de la norme NF EN 14175-4 (avec ouverture de la façade mobile à 500 mm). Cette exigence est pratiquement identique à celle que fixait la norme XP X 15-203 et permet ainsi de maintenir le niveau de performance de confinement attendu d'une sorbonne installée sur un lieu de travail en France.

Il n'est pas prévu que la spécification technique TS 14175-5 soit reprise dans la collection de l'AFNOR. Toutefois la publication de ce document n'étant pas garantie lors de la rédaction de la norme française XP X 15-206, une annexe avait été ajoutée traitant de recommandations d'installation des sorbonnes. Les distances minimales entre sorbonnes et obstacles divers y sont égales, et parfois supérieures, à celles de la TS.

Le rejet est effectué à l'extérieur du bâtiment, à l'écart des prises d'air de compensation.

On évitera le rejet en façade lorsque celle-ci est équipée d'ouvrants.

Les textes réglementaires traitant de l'aération et de l'assainissement des ambiances de travail sont essentiellement constitués des articles suivants du code du travail [4] :

- articles R 4222-1 à -25, R 4412-149 et 150 et R 4722-1, -2, -13, -14 et -26 fixant les règles générales que doivent respecter les employeurs (décret n° 84-1093 du 7 décembre 1984) ;

- articles R 4212-1 à -7 fixant les règles auxquelles doivent se conformer les maîtres d'ouvrage entreprenant la construction ou l'aménagement de bâtiment destiné à l'exercice d'une activité industrielle, commerciale ou agricole (décret n° 84-1094 du 7 décembre 1984), ainsi que des commentaires techniques des deux décrets rassemblés dans la circulaire du 9 mai 1985 (non parue au JO).

L'application de la réglementation aux sorbonnes et aux dispositifs de ventilation de compensation des locaux implique principalement :

- l'emploi d'un système d'avertisse-

ment automatique en cas de défaillance de la ventilation de la sorbonne (article R 4222-13) ;

- le contrôle des installations à leur mise en service, le contrôle et l'entretien périodique des installations et la tenue d'un dossier de maintenance (articles R 4222-20 et -21 et arrêté du 8 octobre 1987) ;

- ce dossier de maintenance est inclus dans la consigne d'utilisation du dossier de l'installation de ventilation [19] comportant en outre la notice d'instructions établie à la réception.

Les sorbonnes et leurs spécifications font l'objet de normes (*voir encadré 2*).

3. Spécifications relatives à la sécurité

L'obtention d'un bon niveau d'efficacité intrinsèque des sorbonnes passe, outre les exigences aérauliques, par le respect des recommandations présentées ci-après (pour les exigences autres qu'aérauliques, voir également les paragraphes 5 à 9 de la norme NF EN 14175-2 [6]).

Manœuvre de plusieurs écrans

Les écrans composés de plusieurs faces doivent permettre la manœuvre indépendante de chacune d'elles.

Ouverture de l'écran

La sorbonne ne doit pas pouvoir être totalement fermée et des butées doivent délimiter les hauteurs minimale et maximale de l'ouverture frontale dans la position de travail. Le dépassement de ces butées ne doit pouvoir être effectué sans une action délibérée de l'utilisateur et doit déclencher une alarme. À titre d'information, on peut envisager une hauteur minimale de l'ouverture frontale de l'ordre de 25 mm.

Profilage de l'ouverture

Les bords de l'ouverture (côtés verticaux, extrémité inférieure de l'écran, extrémité avant du plan de travail) doivent être profilés de façon à favoriser l'écoulement de l'air dans cette zone et éviter les fuites d'air pollué. La *figure 4* montre un exemple de réalisation de profils aérodynamiques.

Plenum d'extraction

Le plenum d'extraction doit comporter au moins deux fentes sur la totalité de la largeur de la sorbonne.

La fente inférieure ne doit pas être située au ras du plan de travail afin de ne pas risquer d'aspirer les produits éventuellement répandus sur ce plan de travail. La profondeur du plenum doit être suffisante pour assurer une aspiration constante le long des fentes. La paroi verticale arrière du volume de tra-

vail doit être démontable en vue du nettoyage de l'intérieur du plenum. Le démontage ne doit être réalisable qu'au moyen d'outils.

Indicateur de débit minimal

Un indicateur, à sécurité positive, doit déclencher une alarme visuelle et sonore en cas de réduction excessive du débit d'air extrait (article R 4222-13 du Code du travail).

Si le capteur n'est pas placé dans le conduit de rejet, il faut établir un facteur de correction entre la lecture de l'indicateur et le débit extrait. Le capteur doit être d'accès facile aux fins d'examen visuel.

Bac de rétention

Le plan de travail de la sorbonne doit comporter des rebords d'une hauteur suffisante pour contenir d'éventuels produits répandus.

Autres recommandations

Hormis les recommandations relatives à la ventilation des sorbonnes,

d'autres spécifications intéressent la sécurité et les conditions de travail des opérateurs :

- la suspension de l'écran doit être équipée d'un système anti-chute ;
- les parois doivent protéger efficacement contre les éventuelles éclaboussures et projections de particules ;
- la façade mobile doit être réalisée en un matériau transparent permettant une protection physique optimale de l'opérateur. Du verre laminé ou trempé, type 2B ou 2C conformément à la norme EN 12600 [23] peut être utilisé ;
- en raison de ses propriétés très fortement oxydantes, l'acide perchlorique ne peut être utilisé que dans des sorbonnes qui lui sont exclusivement dédiées, pourvues d'une signalisation très visible. Un soin particulier doit être apporté au choix des matériaux et à la facilité de nettoyage, car les produits de réaction de cet acide avec des composés organiques peuvent être explosifs ;
- l'éclairage minimal du plan de travail doit être de 500 lux [12] et l'indice de rendu des couleurs doit être supérieur ou égal à 85 ;
- le niveau de pression acoustique lié au fonctionnement de la sorbonne doit

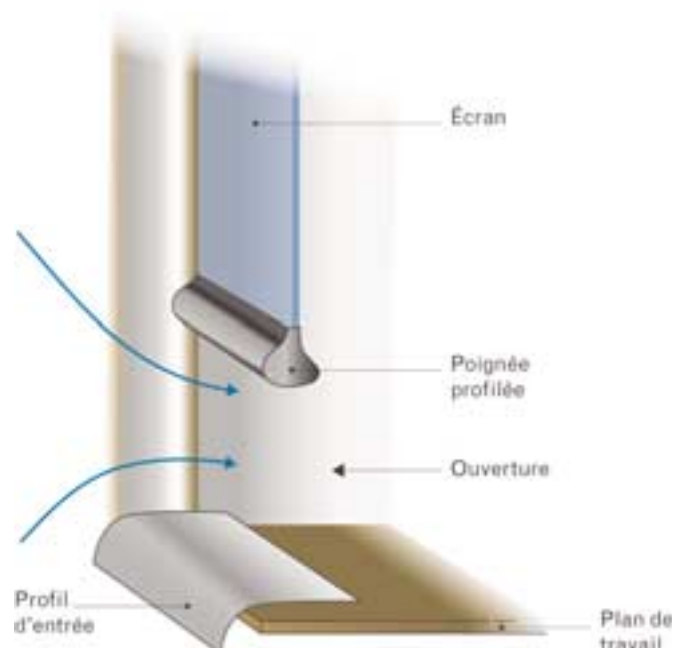


Figure 4 • Principe du profilage de l'ouverture.

être inférieur à 55 dB(A). Il est mesuré en un point situé à l'extérieur de celle-ci, dans son plan médian, à 25 cm du plan de l'ouverture et à une hauteur de 1,6 m par rapport au sol. Le bruit émergent doit être inférieur à 2 dB(A) ;

- les équipements électriques présents dans la sorbonne doivent répondre aux exigences du degré de protection IP 55 D défini dans la norme NF EN 60-529 [13].

Risque incendie et explosion

La génération d'une atmosphère explosible est envisageable dans la sorbonne, notamment en cas d'utilisation de gaz inflammable ou de rupture d'un récipient contenant des substances inflammables. Il conviendra de s'assurer, en fonction de la nature et des quantités de produits pouvant être dégagés et des débits de ventilation mis en œuvre, que l'intérieur de la sorbonne n'est pas susceptible d'être classé en zone à risque d'explosion⁶ et, dans le cas contraire, d'y installer des équipements de catégorie adaptée à ce classement.

On notera également que :

- l'exigence d'une alarme visuelle et sonore en cas de défaillance de l'extraction va dans le sens d'une protection accrue ;

- à l'inverse, la réduction de débit d'air, temporaire pour les sorbonnes à débit variable ou permanente pour certaines sorbonnes à air auxiliaire, accroît le risque de formation d'une atmosphère explosive.

Pour les recommandations plus générales concernant la prévention des incendies et des explosions au laboratoire, on pourra utilement consulter l'ouvrage *La conception des laboratoires de chimie* [2].

4. Choix d'une sorbonne

4.1. Analyse de la situation

Comme pour tout autre dispositif de ventilation, la décision d'acquiescer une sorbonne doit être prise à l'issue d'une réflexion approfondie en concertation avec les futurs utilisateurs. Bien qu'une sorbonne soit une solution « standardisée » correspondant aux besoins d'un laboratoire dans près de 90 % des cas, cette étape est nécessaire pour apporter des réponses non ambiguës aux deux questions :

- la sorbonne est-elle le matériel le mieux adapté à la situation ?
- le local, dans son état présent ou après modifications, est-il capable de recevoir une sorbonne ?

Il s'agit donc d'analyser les risques, de repérer les particularités du local et d'identifier ce qui sera accepté par les opérateurs.

Il n'est pas inutile de rappeler les principales caractéristiques des sorbonnes.

- Elles assurent la protection des opérateurs contre les polluants gazeux ou particuliers générés dans le volume de travail, mais n'assurent ni leur protection contre les micro-organismes, ni la protection des produits manipulés contre les polluants présents dans le local. Sous réserve qu'elles aient été bien conçues, réalisées et installées et qu'elles soient correctement utilisées et maintenues, ces enceintes peuvent présenter un niveau élevé, mais non total, de confinement.

- Le chauffage ou le refroidissement d'un débit d'air extrait (puis rejeté à l'extérieur) élevé occasionne un surcoût énergétique.

- Le rejet à l'extérieur des polluants générés dans le volume de travail impose un conduit d'extraction qui doit pouvoir être installé et toléré dans le bâtiment ou en dehors (voir § 5.2).

À partir des risques présentés par les travaux prévus dans l'immédiat, il convient de situer les sorbonnes par

rapport aux autres dispositifs de captage, sans négliger le fait que des travaux futurs peuvent se révéler plus dangereux que ceux prévus à court terme et que la sorbonne devra rester adaptée à cette nouvelle situation. Lorsque la protection offerte par les sorbonnes apparaît insuffisante, on doit envisager le recours aux enceintes entièrement fermées (postes de sécurité microbiologique du type III pour les particules ou boîtes à gants à épuration pour les gaz), tout en considérant leurs domaines d'emploi et leurs spécificités en matière de rejet ou de recyclage de l'air qui en est extrait [1].

Dans d'autres situations, des dispositifs autres que les sorbonnes peuvent être imaginés (paillasse aspirante, buse mobile, enceinte aspirante simplifiée...). C'est le cas notamment lorsque l'on utilise un composé unique de toxicité modérée, manipulé en faible quantité de façon répétitive et avec du petit matériel.

Les cas particuliers de la hotte de laboratoire et de la ventilation générale doivent être examinés à part ; la hotte de laboratoire trouve son domaine d'emploi recommandé dans le recueil et l'évacuation d'air chaud issu des fours. Pour sa part, la ventilation générale ne doit jamais être considérée comme moyen principal d'assainissement de l'air des locaux.

Le principe du recours à la sorbonne étant envisagé, il faut alors examiner ses conditions d'installation et prêter attention aux points suivants :

- surface et hauteur disponibles ;
- conduit d'extraction existant adapté à la sorbonne ou à installer, espace disponible ;
- ventilation de compensation existante adaptée ou à modifier ;
- compatibilité entre l'emplacement prévu pour la sorbonne et l'agencement du local (disposition des ouvertures, voies de passage, bouches de soufflage, dispositifs de captage, mobilier). Les paragraphes 5.1 et 5.2 apportent quelques éléments de réponse ;
- ressources en fluides et énergies dans le local et emplacements ;
- contraintes environnementales.

⁶ Voir les directives ATEX

4.2. Cahier des charges

La mise en place d'une sorbonne neuve met en rapport trois types d'acteurs qui, pour simplifier, sont l'utilisateur (en relation avec l'acheteur), le fabricant et l'installateur (les deux derniers rôles pouvant être tenus par la même société).

Il est fortement recommandé que l'utilisateur établisse un cahier des charges qui apporte au fabricant et à l'installateur les informations qui leur seront utiles pour proposer une sorbonne adaptée et l'installer sans devoir surmonter des difficultés imprévues. Dans ce document, l'utilisateur formalise une obligation de résultats par rapport à ses exigences, notamment de performances aérauliques, qu'il fixe en fonction de la situation à traiter.

■ Les informations suivantes doivent être fournies **par l'utilisateur au fabricant** :

- nature physico-chimique des produits utilisés ou dont l'emploi est prévu ;
- spécifications relatives à la sécurité et aux conditions de travail (incendie, explosion, éclairage, bruit...) ;
- dimensions minimales et hauteur du plan de travail ;
- largeur de l'ouverture frontale ;
- hauteur maximale de l'ouverture frontale dans les positions de travail et de maintenance ;
- nature des fluides et énergies à distribuer, nombre de points de distribution ;
- encombrement maximal de la sorbonne et dimensions des accès au lieu d'installation.

■ Par ailleurs, les informations suivantes doivent être fournies **par l'utili-**

sateur à l'installateur (à défaut d'être fournies spontanément, elles doivent être demandées) :

- description générale du bâtiment et du local qui recevra la sorbonne ;
- présence éventuelle et localisation des portes, fenêtres, autres sorbonnes et dispositifs de captage, autres meubles, dispositifs de soufflage d'air de compensation... ;
- description générale de la ventilation actuelle du local ;
- contraintes d'environnement du local (bruit, concentrations des polluants au rejet, protection contre l'incendie...) ;
- spécifications relatives au conduit de rejet (trajets possibles, température admissible, puisage des condensats, trappes de visite, organes de mesure du débit et d'alarme...) ;
- nature et localisation des ressources utiles (fluides, énergie...) ;
- débit d'air extrait avec sa gamme éventuelle de variation ;
- régime de fonctionnement (continu ou discontinu) de la sorbonne ;
- méthodes d'essai de réception que l'installateur devra (ou fera) mettre en œuvre (voir méthodes recommandées en annexe et description dans la norme NF EN 14175-4 [8]) ;
- seuils de performances aérauliques et acoustiques. Deux critères de performances aérauliques, assortis de seuils d'acceptation, seront retenus⁷ tant pour les essais de type (ou de qualification) que pour les essais de réception (voir chapitre 6). Une vitesse d'air minimale dans le plan d'ouverture permet de limiter dans cette zone les perturbations de l'écoulement d'air dues à la ventilation du local, à la manœuvre des portes et fenêtres et plus fréquemment encore

à la circulation des personnes. Les seuils d'acceptation recommandés sont regroupés dans le *tableau 1*.

ENCADRÉ 3

Cas des sorbonnes basse vitesse

Parallèlement au marché des sorbonnes dites « classiques » s'est développé depuis quelques années un marché de sorbonnes caractérisées par des vitesses d'entrée d'air inférieures à 0,4 m/s et comportant une insufflation additionnelle d'air pris dans le local permettant notamment de réduire les effets de bord à l'entrée. L'insufflation peut avoir lieu au travers de fentes disposées le long des parois latérales, du plan de travail ou de la poignée profilée, et produit une induction d'air. On parle parfois de sorbonnes « actives » par opposition aux sorbonnes « passives ».

Typiquement, pour une sorbonne d'une largeur de 1,5 m, le débit d'air extrait se situe entre 450 et 550 m³/h, pour des vitesses d'entrée d'air de 0,20 ou 0,30 m/s selon les fabricants.

La validation du concept par les constructeurs a fait appel aux méthodes d'évaluation des performances suivant les spécifications de la norme EN 14175-3 :

- visualisation par fumigène ;
- mesurage du confinement, conduisant à des valeurs largement inférieures au seuil de 0,1 ppm fixé en France ;
- mesurage de la robustesse du confinement, avec des pics de concentrations en SF₆ très en deçà du seuil fixé en Allemagne.

Il faut noter que la pertinence du critère robustesse, censé permettre l'évaluation de la fiabilité d'un écoulement d'air entrant confronté à des perturbations aérauliques et, plus encore, son caractère discriminant ont été fortement remis en cause à l'issue d'une étude menée par l'INRS [20].

En l'absence actuelle d'avis circonstancié sur ce principe, il est proposé de ne pas retenir la recommandation de vitesse minimale d'entrée d'air de 0,4 m.s⁻¹ pour ces modèles et de déduire la vitesse moyenne d'entrée d'air de la mesure du débit d'air extrait tant pour les essais de réception que de routine.

TABLEAU 1

Seuils recommandés

Paramètre mesuré	Unité	Essai de type ou de qualification
Confinement $\phi 1$	ppm SF ₆	< 0,1 ^a
Vitesse d'air frontale	m.s ⁻¹	≥ 0,4 ^b
Pression acoustique d'émission	dB(A)	< 55 ^c

^a Concentration en ppm SF₆, mesurée selon spécifications de la norme NF EN 14175-3.

^b Une sorbonne classique réputée conforme à la spécification de la norme XP X 15-206 en termes de confinement ne devrait être sélectionnée que si ce niveau de confinement est obtenu avec une vitesse d'air frontale supérieure ou égale à 0,4 m.s⁻¹ en tout point (voir encadré 3).

^c Mesuré suivant les spécifications de la norme NF EN ISO 11204.

⁷ Le paramètre « robustesse de confinement » n'est pas retenu en raison de son caractère peu discriminant et de la faible répétitivité des tests (voir annexe § 2.4.2.).

Les exigences du cahier des charges peuvent aller au-delà en fonction des problèmes à résoudre.

■ Avant la commande, les informations suivantes (en langue française) doivent être fournies **par le fabricant à l'utilisateur qui les transmettra à l'installateur** :

- dessin coté de la sorbonne, avec mention des hauteurs d'ouverture, dans les positions de travail et de maintenance ;
- nature de tous les matériaux de construction ;
- désignation du type de la sorbonne fournie ;
- résultats des essais de type selon la norme NF EN 14175-3 ;
- instructions d'emploi et de maintenance de la sorbonne (en langue française), ces documents devant être intégrés à la notice d'instructions et à la consigne d'utilisation visées par l'article R 4222-21 et l'arrêté du 8 octobre 1987 ;
- définition du domaine d'emploi.

■ Après l'installation, les informations suivantes doivent être collectées par le **maître d'œuvre** et fournies **à l'utilisateur** :

- dessin de l'installation complète incluant le dispositif de compensation d'air et l'éventuel épurateur au rejet (en outre, le dispositif d'extraction de la sorbonne doit être facilement identifiable par un marquage résistant aux intempéries) ;
- nature de tous les matériaux de construction du conduit de rejet et de ses accessoires ;
- date et résultats de l'essai de réception (*voir tableau 1 et chapitre 6*) ;
- amendements éventuels au cahier des charges ;
- instructions d'emploi et de maintenance (en langue française) des dispositifs d'extraction, d'épuration de compensation d'air.

■ **La plaque d'identification de la sorbonne** doit comporter (en langue française) les informations suivantes :

- nom et adresse du fabricant ;
- désignation du type comprenant l'année de production ;
- numéro de série ;
- désignation des normes ayant servi

à tester la sorbonne et des normes auxquelles elle est conforme.

5. Installation

Si l'on veut adopter une démarche cohérente, il faut que les précautions prises lors du choix de la sorbonne soient complétées par des conditions d'installation favorisant son bon fonctionnement. Ces bonnes conditions d'installation seront d'autant plus facilement mises en œuvre qu'elles résulteront d'une réflexion précoce, si possible menée au stade de la définition architecturale du bâtiment.

L'efficacité d'une sorbonne de laboratoire dans la protection des opérateurs repose essentiellement sur la réalisation d'un écoulement d'air suffisamment intense, homogène et constant à travers l'ouverture frontale. L'établissement d'un tel régime s'obtient à la fois grâce à une bonne conception du couple sorbonne/extraction, à une arrivée et une répartition de l'air de compensation minimisant les perturbations aérodynamiques et à une installation correcte dans le local. Ces trois aspects sont développés dans ce chapitre.

5.1. Ventilation de compensation du local

Une sorbonne ne doit pas être installée sans qu'ait été prévue la compensation du débit d'air extrait. Dans un local, l'extraction des sorbonnes et des autres dispositifs de captage et la compensation de l'air extrait doivent être étudiées simultanément.

L'air de compensation doit être salubre, qu'il provienne de l'extérieur (air neuf) ou des locaux environnants (obligatoirement à pollution non spécifique, bureaux, salles de réunions, couloirs, locaux de rangement par exemple), et ne pas nuire au confort thermique des occupants, lequel dépend de la température, de l'humidité et de la vitesse du courant d'air produit par son introduction.

Des ouvertures pratiquées dans les murs et les portes du local constituent des entrées d'air maîtrisées assurant le transfert de l'air ou venant en complément de la ventilation de compensation mécanique. Ces ouvertures permettent de maintenir le local en dépression par rapport aux locaux à pollution non spécifique adjacents. La dépression recommandée est de l'ordre de 10 à 20 Pa. Les emplacements et dimensions des ouvertures doivent être choisis pour éviter les courants d'air inconfortables et assurer un fonctionnement de la (ou des) sorbonne(s) indépendant de l'ouverture/fermeture des portes du local. Par ailleurs, ces portes doivent être conçues de façon à ne pas provoquer de courant d'air perturbateur pendant leur manœuvre.

La mise en dépression du local est réalisée en compensant le débit extrait par un débit introduit mécaniquement légèrement inférieur, le complément étant apporté par les infiltrations. La dépression du local doit être contrôlée et doit servir à l'adaptation du débit d'air de compensation au débit d'air extrait.

Si le local doit rester occupé en l'absence de fonctionnement des sorbonnes, un débit d'air hygiénique de 45 m³.h⁻¹ par personne doit être assuré.

Le taux de renouvellement d'air, élevé dans les locaux abritant plusieurs sorbonnes (ou dans les petits locaux abritant une seule sorbonne), requiert une sélection rigoureuse de la méthode de soufflage de l'air de compensation si l'on veut limiter les courants d'air préjudiciables au bon fonctionnement des sorbonnes et au confort des occupants. Un espace insuffisant justifie le recours à des dispositifs à faible vitesse de soufflage comme les plafonds perforés ou les conduits textiles diffusants.

Les quelques recommandations suivantes peuvent servir de guide pour définir l'emplacement relatif des sorbonnes et des dispositifs d'insufflation de l'air de compensation ainsi que les caractéristiques aérodynamiques de ces derniers.

ENCADRÉ 4

Le traitement des effluents gazeux

La réduction des émanations doit être réalisée à la source par des systèmes intégrés aux montages expérimentaux (pièges, laveurs...). Le traitement des effluents gazeux non retenus, extraits par les sorbonnes de laboratoire, est un problème difficile, qu'il ne faut pas occulter compte tenu de l'importance croissante des efforts à réaliser pour la protection de l'environnement.

Aspects réglementaires

Du point de vue réglementaire, deux cas peuvent se présenter :

1) Le local ou le bâtiment est soumis à classement pour la protection de l'environnement compte tenu de ses types d'activité (ICPE), des quantités de produits stockés ou de leur danger, des flux horaires spécifiques des effluents rejetés et de leur concentration. Il existe deux seuils de classement donnant lieu soit à déclaration, soit à autorisation. Dans chaque cas, des arrêtés déterminent éventuellement les valeurs limites de rejet.

2) En cas de non-classement, le rejet d'effluents gazeux est soumis au code des communes, au règlement sanitaire départemental, à la législation sur les composés organiques volatils (COV). Dans certains cas particuliers (substances malodorantes, très toxiques, gaz colorés...), le préfet ou le maire peut prendre des arrêtés spécifiques.

Aspects techniques

Les techniques d'épuration des gaz connaissent des développements industriels récents sous la pression de la réglementation sur la protection

de l'environnement. Les procédés peuvent être classés principalement en 4 grandes familles :

1 ■ Les procédés chimiques : l'absorption des polluants se fait dans des laveurs. C'est ainsi que les acides (HCl, HF...) peuvent être extraits par l'eau ou la chaux, et les solvants par absorption dans l'huile.

2 ■ Les procédés physiques : ils sont basés sur l'adsorption des gaz et vapeurs par des supports solides comme le charbon actif ou les zéolithes.

3 ■ Les procédés thermiques : ils consistent à brûler les polluants oxydables thermiquement, c'est-à-dire essentiellement des COV.

4 ■ Les biofiltres : le système repose sur la propriété qu'ont certaines bactéries sélectionnées de se nourrir des composés organiques pour les transformer en CO₂ et H₂O.

Tous ces procédés sont d'exploitation souvent très coûteuse. Si des applications industrielles existent ici et là, il faut bien reconnaître qu'elles ne sont viables que dans des situations très particulières : concentration du polluant à traiter suffisamment importante, type de pollution bien définie (acides, COV, H₂S...) et stable dans le temps, frais d'exploitation compensés en tout ou partie par la récupération du polluant ou par l'économie du paiement de redevances en tant que pollueur.

Ce n'est réellement le cas que de quelques locaux (pilotes en particulier) ; pour la plupart des laboratoires, compte tenu de la variété des produits à traiter, de leur très grande dilution dans l'air des circuits d'extraction, du nombre important d'évacuations vers l'extérieur, le traitement est difficilement envisageable.

● **Grilles murales** : la vitesse d'impact⁸ du jet d'air doit être inférieure à la moitié de la vitesse d'air frontale de la sorbonne pour les grilles placées sur le mur opposé à la sorbonne. Celles placées sur un mur adjacent à la sorbonne n'ont pas d'effet sur son efficacité à condition que le jet passe nettement au-dessus de la zone de l'ouverture. Ces conditions imposent que le nombre des sorbonnes dans le local soit limité de telle sorte que le rapport de la surface totale des ouvertures des sorbonnes à la surface du sol soit inférieur à 0,1 [14].

● **Diffuseurs plafonniers** : ils doivent impérativement être placés à distance de la sorbonne, décalés par rapport à son axe, avec occultation de la partie qui souffle en direction de la sorbonne. La vitesse d'impact doit être inférieure à la vitesse frontale [14].

● **Panneaux perforés en plafond** : la vitesse d'air en sortie doit être inférieure aux 2/3 de la vitesse d'air frontale ; une seconde condition est que plus du tiers de la surface soufflante soit situé à plus de 1,2 m de la sorbonne. Le rapport de la surface totale des ouvertures des sorbonnes à la surface du sol doit être inférieur à 0,5 [14].

● **Conduits textiles diffusants** : cette solution est fortement recommandée, notamment dans le cas de sorbonnes en batterie. Celles-ci sont alimentées en air de compensation par des manches textiles poreuses disposées parallèlement. Une hauteur minimale sous plafond de 3 m est cependant nécessaire, et il faut prévoir leur remplacement régulier pour palier leur encrassement.

La réalisation du dispositif de soufflage d'air de compensation doit satisfaire aux exigences en matière de protection contre l'incendie.

Par ailleurs, le matériel doit être choisi en considérant le niveau de bruit qu'il provoque.

5.2. Dispositif d'extraction

Dans sa version la plus simple, le dispositif d'extraction d'une sorbonne se compose d'un conduit raccordé à la sorbonne, d'un ventilateur, d'une cheminée de rejet et d'un dispositif avertisseur de défaillance de l'extraction (article R 4222-13 du Code du travail et circulaire du 9 mai 1985). Les trois premiers éléments doivent être munis de trappes de visite et de points de purge. Le dispositif d'avertissement peut être constitué d'un organe de mesure du débit d'extraction complété par une alarme.

Le dispositif d'extraction peut également comporter :

● un registre coupe-feu ou un collier intumescent ;

⁸ La vitesse d'impact est définie ici comme la vitesse du jet issu du système de soufflage mesurée dans le plan de l'ouverture de la sorbonne, la ventilation de celle-ci étant à l'arrêt.

ENCADRÉ 5

La récupération de chaleur

La récupération de chaleur sur l'air extrait fait appel aux échangeurs [17] et doit faire l'objet d'une étude de faisabilité et de rentabilité soignée en raison des limitations et contraintes suivantes :

- caractère modéré des quantités de chaleur récupérables (basses températures) ;
- nécessité de protéger l'échangeur par un épurateur, lui-même soumis à des contraintes de maintenance et de contrôles ;
- recours éventuel à des matériaux constitutifs résistant aux polluants rejetés ;
- perte de charge supplémentaire produite par l'échangeur et ses accessoires ;
- nécessité de travaux d'entretien supplémentaires.

Économiquement, la mise en place d'un récupérateur de chaleur est surtout intéressante sur des réseaux d'extraction collectifs.

- un épurateur à gaz ou un filtre à particules ainsi que leurs dispositifs de contrôle (voir encadré 4) ;
- un récupérateur de chaleur (voir encadré 5).

L'installation doit respecter simultanément les prescriptions de sécurité relatives à tous les éléments constitutifs du dispositif d'extraction.

En fonctionnement, la partie du conduit d'extraction située dans le bâtiment doit être sous pression statique négative, ce qui nécessite le montage du ventilateur à l'extérieur du bâtiment, en toiture ou le plus en aval possible du réseau d'extraction. Si cette disposition ne peut être respectée, une attention particulière doit être portée à l'étanchéité du conduit. Une solution alternative consiste à disposer le conduit de refoulement à l'extérieur des bâtiments.

Les matériaux constitutifs de l'ensemble du dispositif d'extraction doivent résister aux agressions chimiques provoquées par les produits transportés. La longueur des tronçons réalisés en matériau souple doit être limitée au minimum.

Le tracé du conduit d'extraction doit

être le plus direct possible pour éviter les dépôts et la vitesse de transport doit résulter d'un compromis entre le bruit et les risques de dépôts. Une vitesse de 10 m.s⁻¹ peut être considérée comme un maximum. Les trajets horizontaux sont par ailleurs à limiter de façon à éviter l'accumulation de condensats ; à ce sujet, des récupérateurs de condensats peuvent également être intégrés au réseau.

Les ventilateurs centrifuges sont beaucoup moins sensibles aux variations de pression et moins bruyants que les ventilateurs hélicoïdes. Ils doivent donc être préférés à ces derniers. Le moteur d'entraînement doit être situé à l'extérieur du conduit.

Le raccordement de l'extraction de plusieurs sorbonnes sur un collecteur unique est acceptable, mais peut présenter, pour ce qui est de la prévention des risques professionnels, les inconvénients suivants :

- risque de refoulement des polluants vers les sorbonnes à l'arrêt lorsqu'elles ne sont pas équipées de clapets anti-retour ;
- risque d'explosion⁹, d'agression chimique ou de création de mélanges toxiques dû aux mélanges de polluants en provenance de plusieurs sorbonnes ;
- impossibilité de prévoir à l'étude de l'installation, et difficulté de connaître

en permanence, la nature et les débits de tous les polluants qui seront ou sont extraits de toutes les sorbonnes raccordées sur ce collecteur unique ;

- le débit d'air extrait par une cheminée unique d'un local abritant plusieurs sorbonnes indépendantes ou des sorbonnes à débit variable peut fluctuer dans de larges proportions et les phases de fonctionnement à débit réduit ne permettent plus d'assurer les vitesses minimales d'éjection à la cheminée. Dans ce cas, on peut connecter les conduits d'extraction des sorbonnes à un plenum de mélange ouvert sur l'extérieur à partir duquel un débit d'air constant est extrait (voir figure 5) [16]. Encore faut-il que le débit de sortie soit suffisant pour assurer en permanence les vitesses minimales d'éjection à la cheminée et éviter la création d'atmosphère explosive, agressive ou toxique. Le (ou les) ventilateur(s) d'extraction du plenum doit (vent) être surveillé(s) par un système avertisseur de défaillance.

L'ensemble du dispositif d'extraction doit être étudié de façon à pouvoir dépasser le débit maximal prévu à l'installation d'au moins 10 %.

⁹ Cette contre-indication s'applique tout particulièrement aux sorbonnes dédiées à l'emploi d'acide perchlorique.

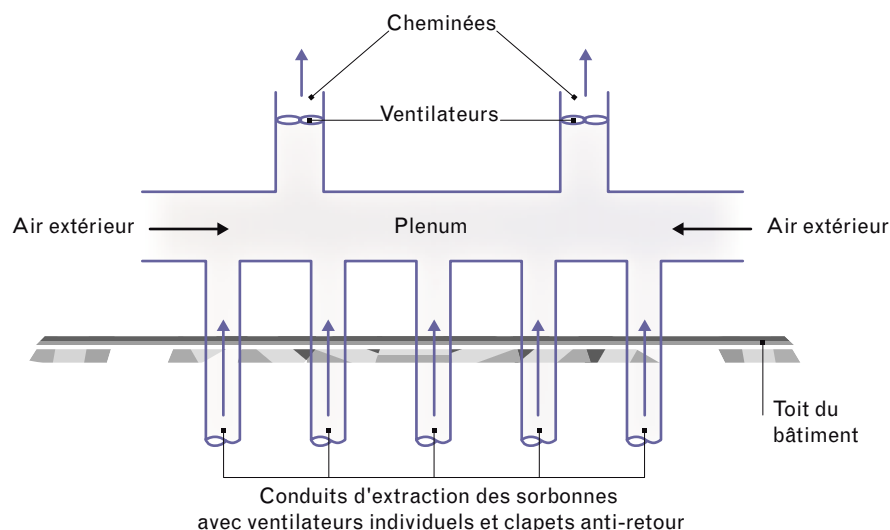


Figure 5 • Système de dilution par plenum et ventilateurs secondaires (d'après [16]).

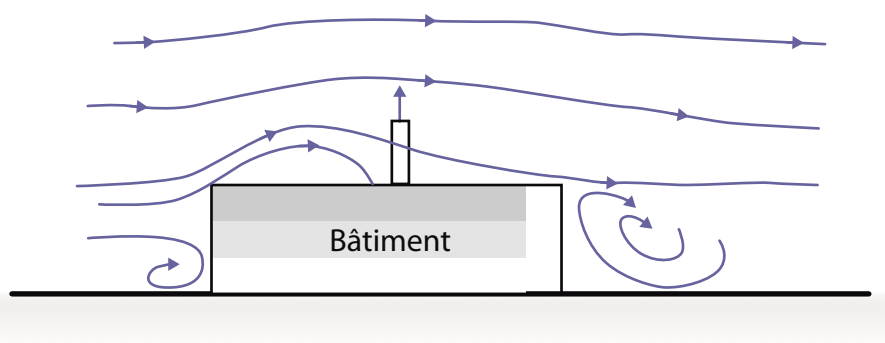


Figure 6 • Perturbations de l'écoulement d'air autour d'un bâtiment.

Les dispositifs d'extraction et de compensation doivent être étudiés de façon à minimiser l'effet du vent sur le débit d'air extrait et éviter la réintroduction des polluants extraits (voir figure 6).

La cheminée d'extraction doit satisfaire à quelques conditions relatives à la direction du jet, sa vitesse et la hauteur d'éjection. Le jet doit être vertical ; il est recommandé que la vitesse d'éjection soit comprise entre 15 et 20 m.s⁻¹ et que la hauteur de la cheminée soit adaptée à la hauteur du bâtiment [15].

ENCADRÉ 6

Locaux à risque d'explosion et sorbonnes

Les articles R 4227-42 à R 4227-54 et R 4216-31 du Code du travail précisent les prescriptions minimales visant à améliorer la protection en matière de sécurité et de santé des travailleurs susceptibles d'être exposés au risque d'atmosphères explosives.

Ils prévoient, entre autres, une classification des emplacements où des atmosphères explosives peuvent être présentes ainsi que les conditions à respecter dans chacun d'entre eux.

Dans la suite de cet encadré, on s'intéressera plus particulièrement au risque d'explosion de vapeurs inflammables, de solvants par exemple.

Les zones à risque d'explosion sont des volumes ainsi définis :

Zone 0 : emplacement où une atmosphère explosive consistant en un mélange avec l'air de substances inflammables sous forme de gaz, de vapeur ou de brouillard est présente en permanence, pendant de longues périodes ou fréquemment.

Zone 1 : emplacement où une atmosphère explosive consistant en un mélange avec l'air de substances inflammables sous forme de gaz, de vapeur ou de brouillard est susceptible de se présenter occasionnellement en fonctionnement normal.

Zone 2 : emplacement où une atmosphère explosive consistant en un mélange avec l'air de substances inflammables sous forme de gaz, de vapeur ou de brouillard n'est pas susceptible de se présenter en fonctionnement normal ou n'est que de courte durée, s'il advient qu'elle se présente néanmoins.

La délimitation des zones à risques d'explosion est de la responsabilité du chef d'entreprise utilisant la sorbonne et répond à un double objectif :

- limiter l'étendue de ces zones ;
- mettre en place et utiliser un matériel, notamment électrique, adapté et conforme au décret n° 96-1010 du 19 novembre 1996 qui prévoit 3 catégories de matériels en fonction des zones dans lesquelles ils peuvent être placés.

La délimitation des zones correspond à une démarche d'évaluation des risques de la part du chef d'entreprise utilisant la sorbonne. Des mesures de prévention doivent être prises en conséquence, la priorité devant aller à la réduction du risque à la source, donc à la mise en place de mesures (ventilation, encoffrement...) permettant de déclasser la zone considérée ou d'en diminuer le volume.

Une sorbonne étant par nature un équipement de travail utilisé par un opérateur en quasi-permanence, disposer une sorbonne dans un local classifié en zone 0 ou 1 est à proscrire du point de vue de la prévention des risques professionnels. Une sorbonne installée en zone 2 devra être de catégorie 3, sachant que l'idéal est d'installer les sorbonnes hors zone.

Les règles de construction d'un équipement de catégorie 3 sont strictes. En ce qui concerne une sorbonne, il faut en particulier veiller :

- à utiliser du matériel électrique (tableau de commande, prises, ventilateurs, contrôleur de débit, éventuel moteur de la façade mobile...) de catégorie 3 ;
- à ce que les dispositifs mobiles (façade mobile dans sa glissière et son parachute...) ne puissent pas générer de source d'inflammation (échauffement mécanique, électricité statique, température de surface...);
- à ce que tous ses éléments constitutifs ainsi que les gaines d'évacuation soient conducteurs et reliés à la terre par un ensemble de dispositifs assurant leur équipotentialité (tresses, par exemple). La mise à la terre des différents éléments devra être régulièrement vérifiée.

Les éventuels meubles sous sorbonnes doivent répondre aux mêmes exigences.

Pour s'assurer qu'une sorbonne répond bien aux critères de la catégorie 3, son fabricant pourra utilement se rapprocher d'un organisme spécialisé dans la certification de ce type de matériel.

Zone ATEX	0	1	2
Catégorie de matériel	1	2	3

5.3. Emplacement de la sorbonne

Pour éviter que les courants d'air produits par les activités développées dans le local (manipulations, circulation, aspiration des autres systèmes de captage...) aient une influence néfaste sur le fonctionnement des sorbonnes, on peut se baser sur les recommandations du *tableau 2* et de la *figure 7*, sans pour cela les considérer comme des obligations absolues, mais plutôt comme des conseils susceptibles d'assurer les chances maximales de bon fonctionnement.

TABLEAU 2

Distances minimales conseillées

Emplacements	Distance (m)	voir figure 7
<i>Entre l'écran de la sorbonne et :</i>		
■ une voie de circulation habituelle	1	a
■ une paillasse parallèle à la sorbonne et utilisée par le même opérateur	1,4	b
■ un mur opposé (ou autre obstacle à l'écoulement de l'air)	2	c
■ l'écran d'une autre sorbonne	3	d
■ une porte dans un mur perpendiculaire à la sorbonne	1	e
<i>Entre l'extrémité de la sorbonne et :</i>		
■ un mur ou autre obstacle perpendiculaire à la sorbonne	0,3	f
■ une colonne placée en avant du plan de l'écran	0,3	g
■ une porte dans un mur parallèle à la sorbonne	0,3	h
■ une paillasse adjacente	1	i

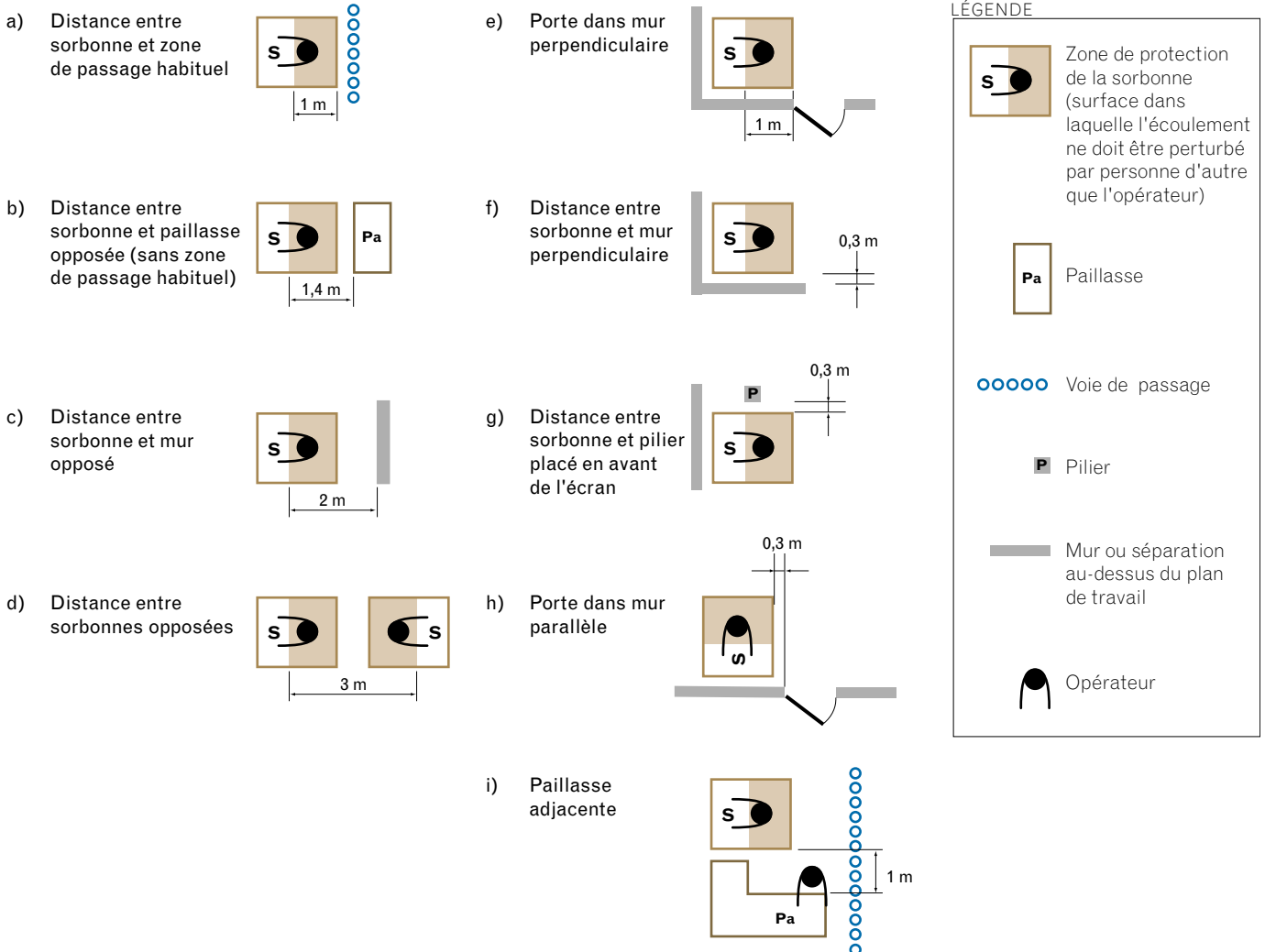


Figure 7 • Distances minimales pour limiter les perturbations.

Enfin, la possibilité qu'une explosion ou un incendie se déclare dans une sorbonne n'est pas à écarter. En conséquence, une sorbonne ne doit pas être installée sur le trajet de sortie d'urgence du personnel.

6. Réception

La mise en service de la sorbonne est l'occasion pour l'utilisateur de vérifier si les fournitures du fabricant et de l'installateur sont conformes aux termes du marché passé et de dresser l'état de qualité initial de la sorbonne qui fournira la référence pour estimer les dérives futures (article 2 de l'arrêté du 8 octobre 1987).

À côté de l'examen du matériel et des documents qui l'accompagnent, l'essai de réception du matériel constitue l'opération la plus importante de la phase de mise en service. L'essai de réception est effectué sur la sorbonne installée dans son local et vide de tout montage ou matériel, par l'installateur ou sous sa responsabilité s'il fait appel à une entreprise spécialisée.

La méthode utilisée pour l'essai de réception doit correspondre aux objectifs visés, qui sont de deux ordres : *vérification de la fourniture et établissement de la référence*.

La **vérification de la fourniture** consiste à comparer l'efficacité initiale de la sorbonne à son efficacité nominale annoncée par la documentation commerciale du fabricant. Ces deux grandeurs doivent donc s'exprimer de la même façon, en termes d'**efficacité de confinement**, et les méthodes d'essai doivent être semblables. La méthode de mesure de l'efficacité de confinement est décrite au chapitre 2.3 de l'annexe 1. La comparaison avec les exigences du cahier des charges peut, en cas de non-respect, conduire l'utilisateur à réclamer des modifications, suivies de nouveaux mesurages, jusqu'à la satisfaction de ses exigences.

Outre la satisfaction à la spécification de confinement, il convient de s'assurer

TABLEAU 3

Seuils recommandés à la réception.

Paramètre mesuré	Unité	Essai de réception
Confinement ϕ_1	ppm SF ₆	< 0,1
Vitesse d'air frontale	m.s ⁻¹	≥ 0,4
Pression acoustique d'émission	dB(A)	< 55

que, pour les sorbonnes classiques, les vitesses d'air frontales sont supérieures à 0,4 m/s en chaque point.

Dans le cas contraire, le débit d'air extrait devra être ajusté et les vitesses à nouveau mesurées.

Les seuils d'acceptation regroupés au *tableau 3* sont identiques à ceux de l'essai de type.

L'établissement de la référence consiste à consigner dans les procès-verbaux des essais de réception les valeurs de vitesses d'air frontale en chaque point permettant l'obtention du niveau de confinement satisfaisant.

Pour les sorbonnes classiques, ces valeurs doivent être systématiquement supérieures ou égales à 0,4 m/s. Ces procès-verbaux doivent figurer dans la notice d'instructions établie en application de l'article R 4212-7 du Code du travail et de l'arrêté du 8 octobre 1987.

7. Exploitation

À l'instar des mauvaises conditions d'installation dans les locaux, le non-respect des bonnes pratiques peut contribuer à réduire l'efficacité de confinement des sorbonnes et à accroître l'exposition des opérateurs. Par ailleurs, l'entretien préventif et le contrôle périodique des sorbonnes sont à la base de leur fiabilité.

7.1. Règles d'usage

Il s'agit de règles simples et de bon sens qui devraient être appliquées naturellement par les opérateurs. On citera notamment :

- Réduire la surface de l'ouverture au strict minimum compatible avec le déroulement de la manipulation.

- Maintenir l'écran baissé après une phase de dégagement des polluants en laissant la ventilation fonctionner jusqu'à la purge de la sorbonne.

- Limiter les quantités de produits manipulés.

- Limiter le dégagement de polluants dans l'atmosphère à la source, en maintenant les récipients fermés ou en installant un laveur d'air sur les manipulations qui le nécessitent.

- Éviter la génération des polluants à grande vitesse.

- Placer les points de génération des polluants à une distance (repérée sur le plan de travail) qui ne soit pas inférieure à 15 ou 20 cm du plan de l'ouverture.

- Placer la zone de génération des polluants le plus bas possible dans le volume de travail, de façon à favoriser l'entraînement des polluants par la fente inférieure du plenum d'extraction et éviter leur dissémination dans la partie supérieure du volume de travail, où règne un écoulement tourbillonnaire susceptible de provoquer la fuite des polluants par l'ouverture.

- Limiter les sources chaudes qui perturbent l'écoulement de l'air dans la sorbonne.

- Éviter d'encombrer inutilement le volume de travail afin de ne pas perturber l'écoulement de l'air dans la sorbonne.

- Manipuler avec des gestes calmes ; organiser la manipulation pour éviter les entrées et sorties répétées des bras dans la sorbonne.

- Aménager le poste de travail de façon que l'opérateur n'ait pas à introduire la tête dans l'enceinte pendant les manipulations.

- Nettoyer et ranger le plan de travail en fin de manipulation.

On rappellera enfin qu'une sorbonne doit être considérée comme un poste de

travail et qu'il faut éviter de faire travailler deux personnes en même temps sous une même sorbonne.

7.2. Maintenance et contrôles périodiques

Le plan de maintenance et de contrôle de la sorbonne devrait regrouper les actions recensées ci-dessous. Le détail de ces travaux doit être consigné au dossier de maintenance de l'installation (article 2 de l'arrêté du 8 octobre 1987).

La périodicité proposée correspond à ce qui est souhaitable dans les cas les plus courants. Dans d'autres situations (fonctionnement continu ou occasionnel, agressions chimiques sévères...), la périodicité doit être adaptée en tenant compte des exigences réglementaires de l'article 4 de l'arrêté du 8 octobre 1987.

ENCADRÉ 7

Cas des sorbonnes existantes

Trois cas se présentent :

1) sorbonnes n'ayant pas été soumises à une réception : il est proposé d'appliquer les recommandations et les conditions d'essai de ce guide à ces sorbonnes quelle que soit leur ancienneté, donc essai de réception, puis adoption de vitesses de référence ;

2) sorbonnes ayant été soumises à une réception suivant les spécifications de la norme XP X 15-203 : un contrôle des vitesses d'air frontales sera effectué dans les conditions de mesurage et avec les seuils préconisés par ce guide. Ces vitesses seront comparées aux valeurs de référence. La dégradation du confinement sera considérée comme significative dès lors qu'une réduction d'environ 30 % en un point de la vitesse d'air mesurée par rapport à la valeur de référence aura été constatée. Un mesurage du confinement sera alors nécessaire ;

3) sorbonnes ayant été soumises à une réception suivant les spécifications des normes NF EN 14175-4 et XP X 15-206 : ce guide introduit, pour les sorbonnes classiques, une exigence supplémentaire de seuil de vitesse.

Contrôle journalier

Indication de l'organe de contrôle du débit d'extraction.

Contrôle hebdomadaire

Contrôle du fonctionnement des alarmes (débit et butées de l'écran).

Contrôle semestriel

Visualisation de l'écoulement de l'air dans l'ouverture par fumigène.

Contrôles annuels

- Mesurage de la vitesse d'air dans l'ouverture selon la méthode décrite au chapitre 2.2 de l'annexe 1 et comparaison aux valeurs de référence établies lors de la réception (*voir également l'encadré 7*).
- Contrôle du fonctionnement de l'indicateur de débit et de son alarme.
- Pour les sorbonnes existantes, se reporter à l'encadré 7.

Actions annuelles

- Inspection, après démontage, du mécanisme de manœuvre de l'écran.
- Vérification des butées d'arrêt de l'écran et de leur alarme.
- Nettoyage du plenum d'extraction, après démontage de la paroi verticale arrière.
- Vérification du fonctionnement du laveur d'air au rejet, si la sorbonne en dispose.
- Remplacement de l'élément épurateur au rejet, si la sorbonne en dispose.
- Examen visuel du conduit de rejet et de ses accessoires.
- Inspection du ventilateur d'extraction (vitesse et sens de rotation du ventilateur, examen des pales).
- Inspection des organes de distribution des fluides et énergies.

Air de compensation

Le système de ventilation de compensation du local doit lui aussi faire l'objet d'un plan de contrôle et de maintenance approprié (article 4 de l'arrêté du 8 octobre 1987).

8. Amélioration des sorbonnes existantes

Le parc des sorbonnes vétustes (ou qui s'éloignent des recommandations des chapitres 3 et 5) est considérable. Bien que leur remplacement soit la solution la plus évidente, de grands progrès en matière de sécurité peuvent néanmoins être obtenus en effectuant des modifications parfois peu coûteuses [18].

Le principe qui doit guider une procédure d'amélioration des sorbonnes d'un local repose sur un examen global de la situation, sans dissocier les sorbonnes de leur environnement. Par exemple, il ne servirait à rien d'améliorer l'écoulement interne de l'air dans une sorbonne si le ventilateur d'extraction était rongé par la corrosion ou si le débit d'air de compensation était insuffisant ou produisait des courants d'air nuisibles.

Les points sur lesquels les mesures correctives peuvent porter sont les suivants :

- air de compensation et courants d'air produits ;
- emplacement de la sorbonne par rapport aux voies de passage, ouvertures, obstacles et autres postes de travail ;
- structure de la sorbonne ;
- vitesse d'air frontale ;
- discipline de l'opérateur.

Cette liste ne décrit pas un ordre de priorité décroissante dans les effets attendus, mais un ordre chronologique qui assure qu'une modification donnée verra son efficacité pleinement développée par les corrections traitées en amont.

Au sujet des travaux d'amélioration applicables à une sorbonne, les auteurs [18] considèrent que la priorité est à réserver à la pose d'un profil d'entrée au niveau du plan de travail et rappellent que l'ajustement de la largeur des fentes d'extraction est une opération peu coûteuse mais qui peut se révéler très efficace. Ils recommandent une largeur de 50 à 60 mm pour la fente

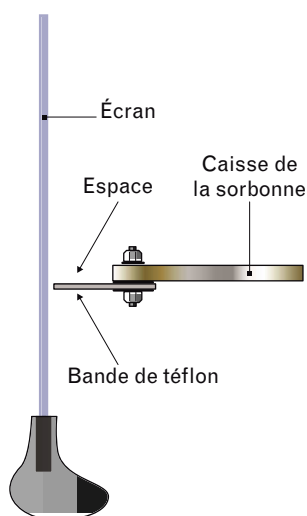


Figure 8 • Étanchéification sommaire d'un écran vertical (d'après [18]).

inférieure et de 12 à 15 mm pour la fente supérieure. Ils indiquent par ailleurs que l'espace situé entre la face interne d'un écran vertical et la paroi supérieure de la sorbonne peut être responsable d'une entrée d'air parasite pouvant atteindre une dizaine de pourcents du débit extrait et recommandent de rendre cet espace étanche, même de façon sommaire (voir figure 8). D'autre part, afin de situer la limite de l'ouverture de l'écran en fonctionnement normal, la position limite de l'écran doit être

repérée par un index, un contact avec alarme de dépassement ou une butée autorisant l'ouverture totale de l'écran en dehors des périodes de dégagement des polluants (voir chapitre 3).

D'anciennes sorbonnes sont parfois équipées de parois latérales mobiles. Cette disposition rend l'écoulement dans la sorbonne très sensible aux courants d'air. L'amélioration à leur apporter en premier lieu est d'interdire mécaniquement la manœuvre de ces parois latérales, de façon que seule la face avant de la sorbonne puisse être ouverte.

Cette réduction de la surface de l'ouverture a pour second avantage d'augmenter la vitesse d'air frontale sans augmenter le débit d'air aspiré.

Plus rarement, la face avant et les faces latérales sont solidaires entraînant une manœuvre simultanée. L'amélioration consiste alors à prolonger les faces latérales fixes jusqu'au plan de travail sans pour autant gêner la manœuvre de l'écran. Cela se traduit également par une augmentation de la vitesse d'air frontale sans augmentation du débit d'air aspiré. On œuvrera de même pour des équipements dépourvus de parois latérales, mais s'agit-il encore de sorbonnes ?

À côté des améliorations à appliquer aux sorbonnes, la mise en évidence d'un

défaut de ventilation doit déclencher un processus de recherche de ses causes.

Un manque de débit de ventilation peut avoir plusieurs origines :

- ventilateur mal adapté par suite d'un mauvais choix initial ou de modifications du conduit entraînant un supplément de pertes de charge ;
- ventilateur fonctionnant à l'envers ;
- fuite dans le conduit d'extraction amenant une partie notable du débit extrait à être aspirée en aval de la sorbonne ;
- compensation d'air dans le local insuffisante, parfois en raison de l'ajout d'une (ou de plusieurs) sorbonne(s).

Ce dernier point mérite que l'on y prête une attention particulière car il peut être lourd de conséquences. Dans un local abritant plusieurs sorbonnes – ou autres dispositifs de captage – dont les conduits de rejet ne sont pas équipés de clapets antiretour, la mise en marche de l'une d'elles peut donner lieu, en cas de compensation insuffisante, à l'aspiration du complément de compensation par les conduits d'extraction des sorbonnes à l'arrêt.

Dans ce cas, les polluants rejetés par la sorbonne en activité risquent d'être réintroduits dans le local par les sorbonnes à l'arrêt, surtout si les cheminées de rejet sont proches et n'éjectent pas les polluants verticalement et à grande vitesse.

Annexe

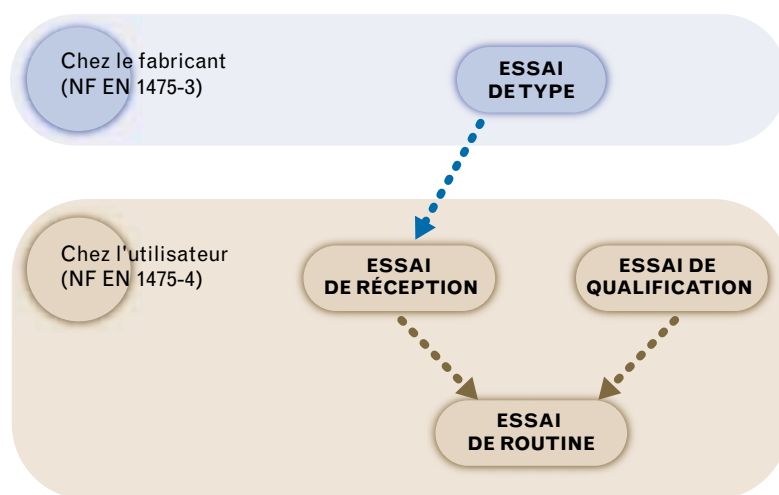
Méthodes d'essai

Description et commentaires

1. Objet des essais

Les essais proposés par les normes européennes (voir encadré 2 page 7) aux différentes étapes de la vie d'une sorbonne sont :

- **l'essai de type** (NF EN 14175-3), réalisé sur un exemplaire d'une série dans le but d'évaluer la qualité intrinsèque de la sorbonne placée dans des conditions d'installation « idéales » ;
- **les essais de réception** (NF EN 14175-4), effectués lors de la réception d'une sorbonne ayant subi l'essai de type dans le but d'évaluer ses performances aérauliques en situation, sorbonne vide ;
- **les essais de qualification** (NF EN 14175-4), prévus pour évaluer sur site, en situation, sorbonne vide, les performances aérauliques de sorbonnes qui n'auraient pas subi d'essai de type ;
- **les essais de routine** (NF EN 14175-4), effectués périodiquement afin de vérifier le maintien des performances de la sorbonne dans le temps. Ils permettent également de vérifier les performances de la sorbonne dans les conditions réelles de travail.



Les différents essais effectués sur une sorbonne.

Paramètres	Méthodes de mesurage	T	Q	R	Ro
Visualisation des flux d'air dans le local	Fumigène		7.7	5.7	6.5
Vitesse d'air frontale	Anémométrie thermique	5.2	7.4	5.4	6.2
Confinement	Traçage SF ₆	5.3	7.10	5.10	
Robustesse du confinement	Traçage SF ₆	5.4	7.11		
Débit d'air extrait	- Exploration du champ des vitesses dans le conduit d'extraction	5.1	7.5	5.5	6.3
	- Exploration du champ des vitesses dans le plan de l'ouverture		7.5	5.5	6.3
	- Mesure de pression différentielle étalonnée		7.5	5.5	6.3
Efficacité du renouvellement d'air	Traçage SF ₆	5.5	7.12		
Perte de charge	Prise de pression différentielle par manomètre	5.6	7.6	5.6	6.4
Vitesses d'air dans le local	Anémométrie thermique		7.8	5.8	

2. Paramètres d'évaluation

Les normes NF EN 14175-3 et NF EN 14175-4 définissent différents paramètres d'évaluation des performances aérauliques des sorbonnes. Ces paramètres ainsi que leurs méthodes de mesurage sont recensés dans le *tableau ci-contre*.

L'appréciation du schéma d'écoulement d'air dans le local où est installée la sorbonne est un préalable nécessaire avant l'évaluation des paramètres « vitesse d'air frontale » et « confinement ». Ces deux paramètres étaient les seuls retenus dans l'ex norme française

T : essai de type
Q : essais de qualification
R : essais de réception
Ro : essais de routine

5.x = paragraphe de la norme NF EN 14175-3
 7.y = paragraphe de la norme NF EN 14175-4
 5.y = paragraphe de la norme NF EN 14175-4
 6.y = paragraphe de la norme NF EN 14175-4

XP X 15-203 ; ils sont proposés dans les parties 3 et 4 de la norme européenne et sont essentiels pour la qualification des sorbonnes en termes de prévention. En effet,

ils permettent de s'assurer d'une protection efficace des opérateurs vis-à-vis du risque chimique grâce à la fixation de seuils (voir norme française XP X 15-206).

Leurs méthodes d'évaluation, décrites dans les normes NF EN 14175-3 et 4, sont explicitées ou commentées aux paragraphes 2.2 à 2.3 et des précisions sont fournies sur l'interprétation des résultats.

Le nouveau paramètre « robustesse du confinement », proposé tant pour l'essai de type que pour les essais de qualification, est censé permettre d'apprécier la tenue des performances de confinement de la sorbonne à des perturbations aérauliques. En fait, une étude de l'INRS [20] a montré que ce paramètre n'est ni répétitif, ni discriminant (voir § 2.4). Ce test est donc inutile car un résultat « satisfaisant » dans la notice constructeur n'apporterait aucune garantie à l'utilisateur.

Les quatre derniers paramètres sont brièvement évoqués aux paragraphes 2.5 à 2.8. On notera que le mesurage du débit d'air extrait et de la perte de charge de chaque sorbonne doit être effectué annuellement conformément aux exigences réglementaires (article R 4222-20 du code du travail et arrêté du 8 octobre 1987).

2.1 Visualisation des flux d'air dans le local

L'essai consiste à évaluer qualitativement le schéma d'écoulement d'air à proximité de la surface d'ouverture de la sorbonne. Pour visualiser les flux d'air, un traceur visible (fumigène) est généré en direction du plafond.

Cet essai s'applique :

- lors des essais de réception ou de qualification de la sorbonne, pour vérifier qu'il n'y a pas de perturbations causées, par exemple, par l'air de compensation de la pièce ;
- lors des contrôles de routine, dans le but de repérer des dérives éventuelles par rapport à la situation initiale.

Cette visualisation doit être effectuée dans des conditions représentatives du travail habituel ; des éléments à prendre en compte sont recensés au paragraphe 2.2.2.

2.2 Détermination de la vitesse d'air frontale

La mesure de la vitesse d'air frontale a pour objectif de vérifier le profil de la vitesse d'air dans l'ouverture de la sorbonne.

Seule la composante horizontale est prise en compte.

Pour la réception ou la qualification de la sorbonne, il s'agit d'une méthode complémentaire à la mesure directe de l'efficacité de confinement qui permet d'établir une grandeur de référence représentative de l'efficacité initiale de la sorbonne. Lors des contrôles de routine, cette mesure est un substitut à la mesure directe de l'efficacité de confinement et aide à repérer des dérives éventuelles par rapport à la situation initiale.

2.2.1 Appareillage

Pour l'essai de type, de qualification ou de réception, l'anémomètre doit posséder les caractéristiques minimales suivantes :

- capteur directionnel aux dimensions les plus réduites possibles de façon que le point de mesure soit bien défini (les capteurs à micromoulinet sont, par exemple, exclus) ;
- seuil de mesure $\leq 0,20 \text{ m.s}^{-1}$;
- incertitude de mesure $\leq 0,02 \text{ m.s}^{-1} + 5\%$ de la vitesse mesurée ;
- dispositif de compensation de la température ;
- possibilité d'enregistrement du signal pour analyse ultérieure ou fonctionnalité de calcul de la moyenne et de l'écart-type d'une série de mesures sur une période donnée.

Dans l'état actuel de la technique, seuls les anémomètres thermiques conviennent.

2.2.2 Conditions de mesurage

Comme le but du mesurage est de comparer ou de faire correspondre la vitesse frontale initiale et l'efficacité de confinement dans le cas de l'essai de réception ou les vitesses frontales actuelles et initiales dans le cas des

contrôles périodiques, les conditions de mesurage doivent être entièrement décrites et les plus similaires possibles.

À titre d'exemple, les caractéristiques suivantes du fonctionnement de la sorbonne et de la ventilation du local peuvent être utiles à la description des conditions de mesurage :

- situation de la sorbonne dans le local ;
- position de l'écran, dimensions de l'ouverture de la sorbonne ;
- indication de l'éventuel dispositif de mesure du débit extrait ;
- marche ou arrêt des sorbonnes et des autres dispositifs de captage du local ;
- position des entrées d'air de compensation, ouverture ou fermeture des portes et fenêtres du local ;
- régime de fonctionnement de la ventilation du local (compensation, climatisation) ;
- conditions ambiantes du local (température, pression, hygrométrie), différence de pression entre le local et son environnement.

Les essais de type, de qualification et de réception sont effectués **sorbonne vide**. Pour les essais de routine, l'encombrement de l'espace de travail à l'intérieur de la sorbonne devra être décrit. S'il est jugé préjudiciable à l'efficacité de la sorbonne, le mesurage ne sera effectué qu'après le retour à des pratiques plus raisonnables.

2.2.3 Mode opératoire

Lors des mesures, l'ouverture de la façade mobile est réglée à 500 mm, ou à sa valeur maximale si celle-ci est inférieure (hauteur de l'ouverture pour les écrans à manœuvre verticale, ou largeur pour les écrans à manœuvre horizontale).

Les mesures sont effectuées selon un maillage du plan de mesure intérieur. Le nombre de points de mesure dépend de la largeur de la sorbonne. La norme NF EN 14175-3 précise la façon de déterminer les positions des points de mesure et leur nombre (voir tableau et figure page 21).

La norme prévoit que la composante de la vitesse perpendiculaire au plan de mesure soit mesurée à des intervalles réguliers inférieurs ou égaux à une seconde pendant une période minimale de 60 secondes. Le nombre de mesures est le facteur déterminant. Pour les anémomètres délivrant un signal à une fréquence inférieure, il conviendra d'allonger la durée de mesurage.

2.2.4 Analyse des données et résultats

En chaque point de mesure, sont calculés la moyenne temporelle et l'écart-type des mesures de la composante horizontale de la vitesse d'air. On trouvera au paragraphe 4.2 du guide les valeurs minimales de vitesse d'entrée recommandées.

En chaque point de mesure, la comparaison de l'écart-type à la moyenne permet d'apprécier la stabilité temporelle de l'écoulement d'air.

2.3 Essai de confinement

2.3.1 Principe

Le principe de la mesure consiste à :

- générer à des emplacements spécifiés du volume de travail de la sorbonne un gaz traceur à un débit connu ;
- prélever l'atmosphère à des emplacements spécifiés d'un plan de mesure.

Que l'essai soit de type, de qualification ou de réception, il est effectué **sorbonne vide**.

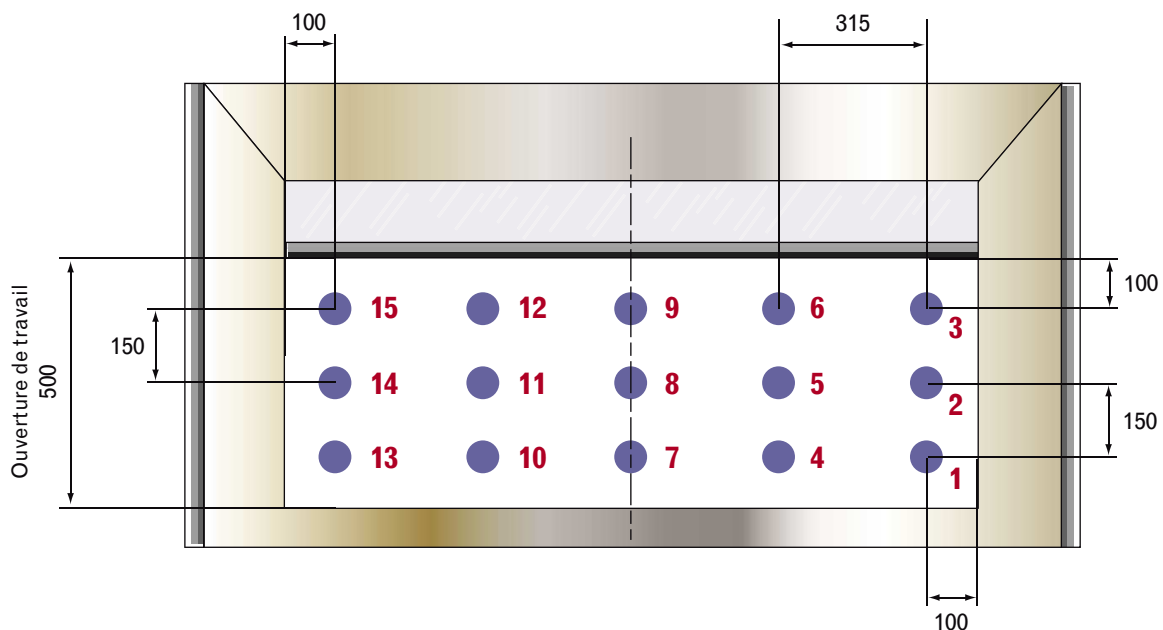
Deux méthodes sont proposées dans la norme NF EN 14175-3 pour mesurer le confinement. L'une, proche de la méthode de l'ex-norme XP X 15-203, prévoit des mesures de concentration en

gaz traceur dans le plan d'ouverture de la façade (plan de mesure intérieur). Pour l'autre, proche de l'ex-norme DIN 12924-1, les prélèvements sont effectués 50 mm devant la façade (plan de mesure extérieur) avec ouverture et fermeture de la façade au cours de l'essai. Tous les prélèvements sont collectés et mélangés avant analyse.

La première option conduit à déterminer les fuites potentielles de substances chimiques s'échappant par l'ouverture. On pourrait en première analyse estimer que la seconde permet de mieux refléter la réalité subie par les opérateurs car elle conduit à déterminer les fuites effectives. En fait, en raison de la dilution rapide avec l'air aspiré du

Nombre de points de mesure des vitesses d'air frontales.

Nombre de points	Largueur sorbonne l (mm)
6	$l \leq 610$
9	$610 < l \leq 1\ 010$
12	$1\ 010 < l \leq 1\ 410$
15	$1\ 410 < l \leq 1\ 810$
18	$1\ 810 < l \leq 2\ 210$
21	$2\ 210 < l \leq 2\ 610$



Disposition des points de mesure pour la détermination de la vitesse d'air frontale.
Exemple d'une sorbonne de 1460 mm, écran à manœuvre verticale.

local et du mélange de tous les prélèvements, on observe un abaissement des concentrations de traceur tel qu'il n'est plus possible de parvenir à une discrimination des sorbonnes quant à leurs performances de confinement.

La méthode dans le plan de mesure intérieur est donc vivement recommandée et sera la seule considérée ci-après.

2.3.2 Caractéristiques du local où sont effectués les essais

L'essai de type est réalisé dans un local où les conditions aérodynamiques d'environnement de la sorbonne sont maîtrisées (§ 4, NF EN 14175-3).

Les essais de réception ou de qualification (NF EN 14175-4) sont réalisés dans le local où la sorbonne est installée. Toutes les informations utiles à la description du fonctionnement de la sorbonne et de la ventilation du local doivent être notées, en particulier celles recensées au § 2.2.2 dans le cadre des mesures de vitesses d'air.

2.3.3 Appareillage

Injection et prélèvement du gaz traceur

Le gaz d'essai est un mélange de 10 ± 1 % en volume d'hexafluorure de soufre (SF_6) dans de l'azote (N_2).

Un seul injecteur de gaz d'essai est disposé en alignement et en retrait de 150 ± 5 mm du centre de la grille d'échantillonnage comme indiqué sur la figure ci-dessous. L'injection, verticale, est effectuée à un débit de 2 l/min. Les prélèvements sont réalisés dans le plan d'ouverture au moyen d'un groupe de neuf sondes d'échantillonnage disposées comme ci-dessous.

La norme demande un temps de réponse du système d'analyse inférieur à 15 s. Ce temps de réponse court nécessite d'avoir un débit d'échantillonnage adapté et d'optimiser l'ensemble du dispositif de prélèvement. Cependant, il faut veiller à ne pas perturber l'aérodynamique du système à l'endroit des points de prélèvement. On limitera donc la vitesse d'air à l'entrée des sondes d'échantillonnage à 0,1 m/s (soit un débit total inférieur à 17 l/min). On notera qu'une pompe de prélèvement auxiliaire peut-être nécessaire pour certains analyseurs.

Analyse de l'atmosphère

Le seuil de détection de l'analyseur de gaz (et de son dispositif d'enregistrement associé) spécifié dans la norme NF EN 14175-3 est de 10 ppb alors qu'il est de 25 ppb dans la partie 4 de cette même norme. En sus du souci de cohérence, le seuil de 10 ppb est techniquement difficile à respecter (résolution du

même ordre, dérive du signal) ; il est donc recommandé d'adopter la valeur de 25 ppb.

Il convient de veiller à limiter l'enrichissement de la concentration résiduelle de gaz traceur dans le local, notamment en rejetant à l'extérieur les gaz en sortie d'analyseur. Le seuil de concentration résiduelle en SF_6 recommandé est de 25 ppb.

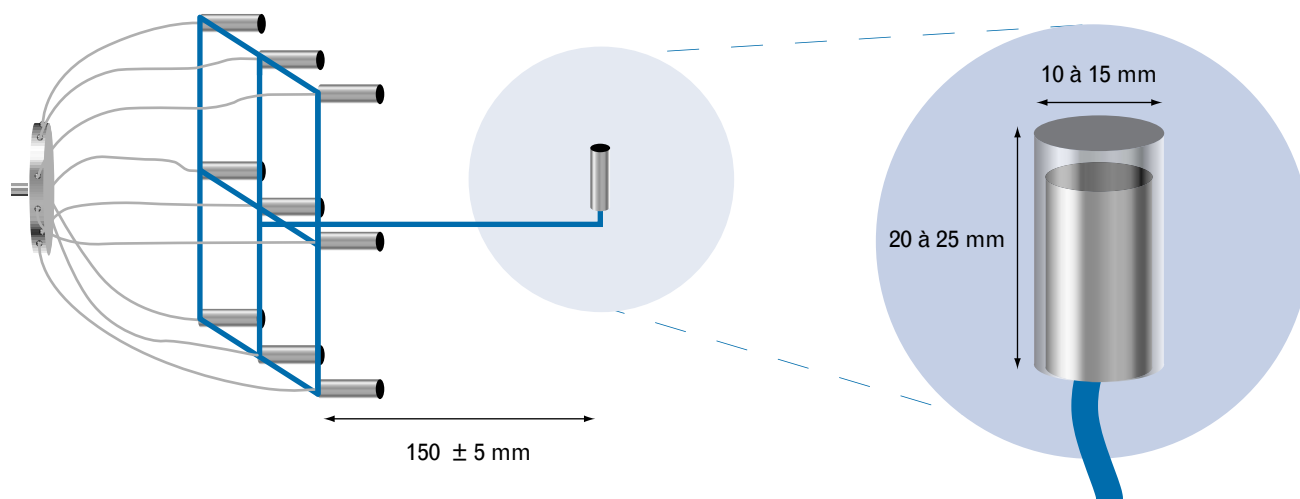
2.3.4 Mode opératoire

Lors des mesures, l'ouverture de la façade mobile est réglée à 500 mm ou à sa valeur maximale si celle-ci est inférieure (hauteur de l'ouverture pour les écrans à manœuvre verticale ou largeur pour les écrans à manœuvre horizontale).

Le nombre de points de prélèvement dépend de la largeur de la sorbonne. La norme NF EN 14175-3 précise la façon de déterminer leurs positions et leur nombre (voir tableau et figure page 23).

2.3.5 Analyse des données et résultats

Pour chaque point de prélèvement, une concentration moyenne ϕ_1 du gaz traceur est calculée, après stabilisation du signal, sur une période d'essai de 300 s (voir diagramme page 23). S'agissant d'une concentration de gaz, le résultat s'exprime en fraction de

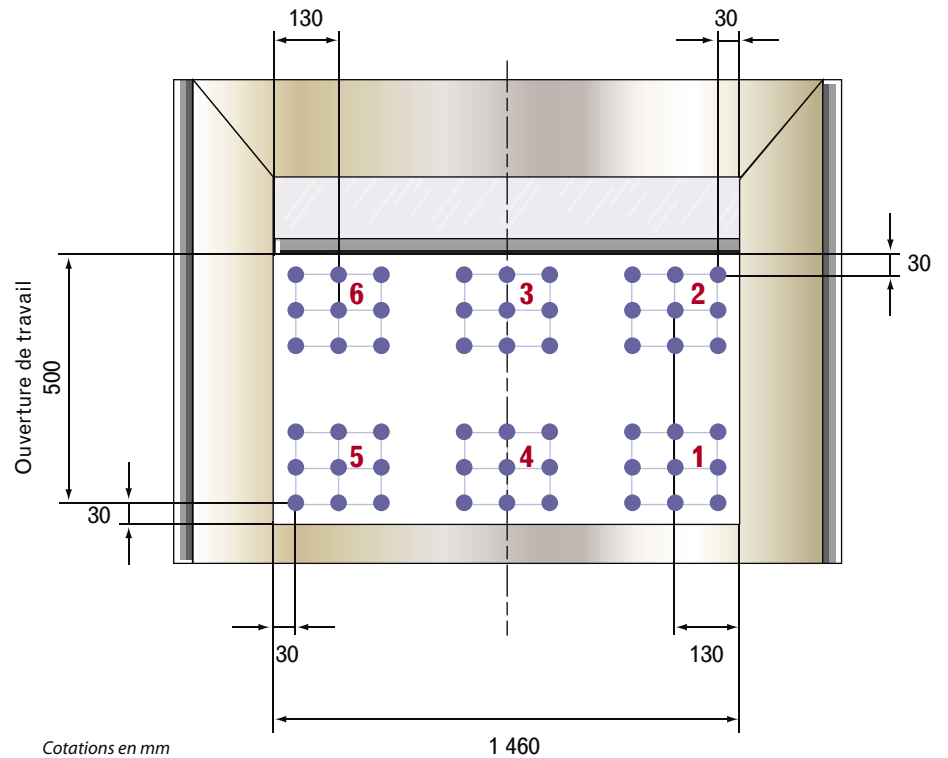


Position de l'injecteur et des sondes de prélèvement

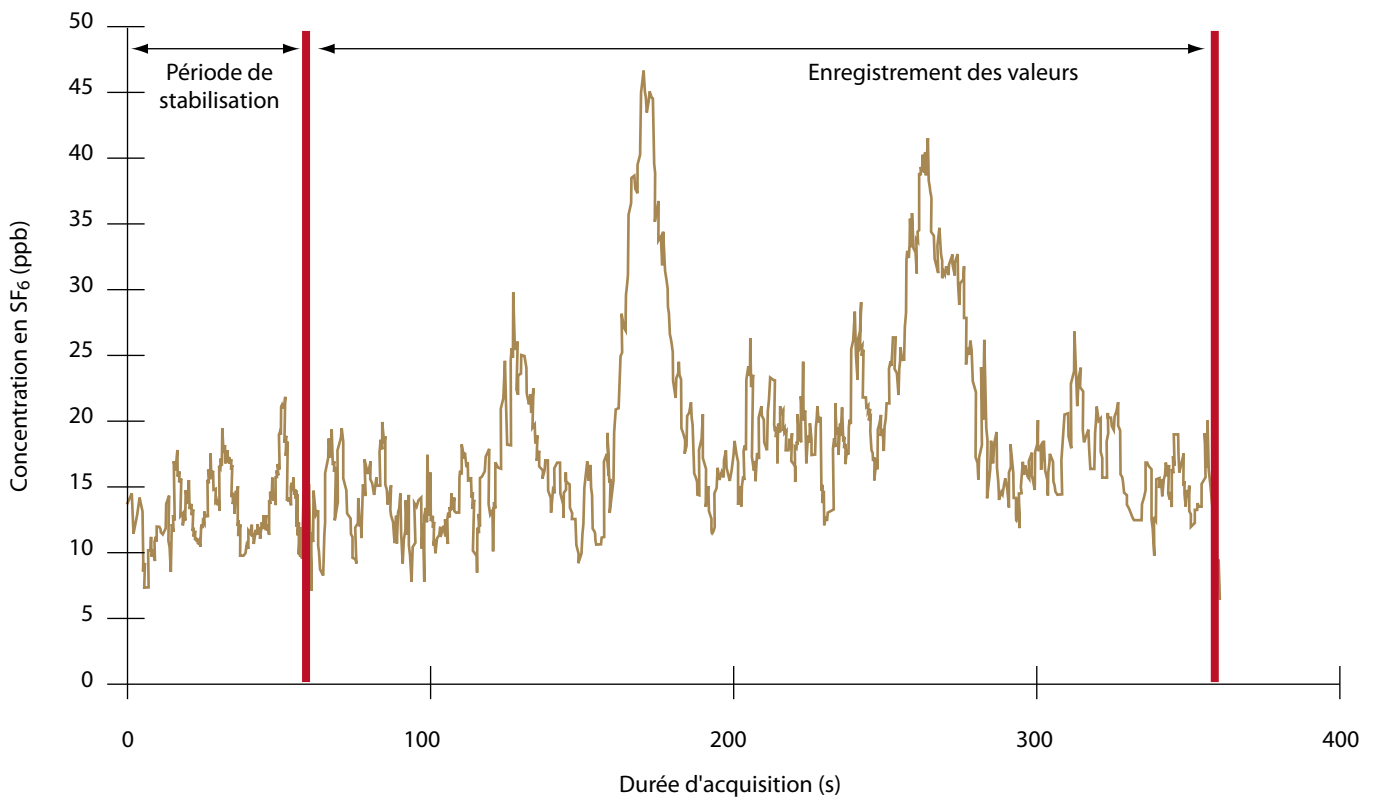
Injecteur de gaz d'essai

**Nombre de points de prélèvement
pour la mesure du confinement.
Écran à manœuvre verticale**

Nombre de points	Largueur sorbonne l (mm)
4	$l \leq 870$
6	$870 < l \leq 1\,470$
8	$1\,470 < l \leq 2\,070$
10	$2\,070 < l \leq 2\,670$



**Disposition des points de prélèvement pour la mesure de confinement.
Exemple d'une sorbonne de 1460 mm - Écran à manœuvre verticale**



Exemple d'enregistrement du signal de l'analyseur SF₆.

volume, soit en ppm. Conformément aux spécifications de la norme XP X 15-206, le seuil de 0,1 ppm¹ doit être respecté :

$$\varphi_1 \leq 0,1 \text{ ppm.}$$

L'obtention d'un degré de confinement satisfaisant a un coût (énergétique et financier) lié au débit d'air extrait Q qu'il convient d'introduire dans les locaux et de traiter thermiquement (chauffage en hiver, éventuellement refroidissement en été). Le coefficient de confinement C_{F1} est un critère optionnel défini dans la norme NF EN 14175-3. Il fait intervenir le débit de traceur q au numérateur, le produit du débit d'air extrait Q et de la concentration φ_1 au dénominateur.

À l'instar des autres paramètres, aucun seuil n'est indiqué dans la norme. Comment interpréter ce critère au cas où il apparaîtrait dans la notice technique d'un constructeur ?

Ce coefficient ne constitue pas une caractéristique intrinsèque de la sorbonne puisque sa valeur est fortement dépendante des conditions d'installation (débit d'air extrait).

De plus, le débit de traceur étant fixé, ce coefficient est d'autant plus grand que le produit $Q \times \varphi_1$ est faible. La seule connaissance de C_{F1} ne permettrait donc pas de comparer des équipements entre eux, puisqu'une valeur élevée peut provenir soit de faibles valeurs de φ_1 , ce qui ne peut que satisfaire le préventeur, soit d'une forte réduction du débit d'air. En poussant le raisonnement à l'extrême, à débit nul, C_{F1} tendrait vers l'infini.

Il est donc impératif que le constructeur de sorbonne, comme le spécifie la norme, communique les valeurs de φ_1 afin de les comparer au seuil de 0,1 ppm.

¹ Le seuil spécifié est bien de 0,1 ppm et non de 100 ppb. L'application des règles d'arrondi conduit à considérer toutes les valeurs de φ_1 inférieures à 0,151 comme inférieures ou égales à 0,1 ppm et donc à admettre que la mesure en ce point satisfait au critère de confinement. Compte tenu de la multitude d'autres facteurs intervenant lors du travail réel dans une sorbonne et du niveau élevé de confinement spécifié dans cette norme, cette règle ne devrait pas être préjudiciable à la prévention.

2.4 Essai de robustesse du confinement

2.4.1 Principe

Cet essai est censé permettre, lors des essais de type ou de qualification, de vérifier le maintien du confinement de la sorbonne face à une perturbation aérodynamique.

Pour simuler la perturbation causée par le passage d'une personne devant la sorbonne ou par des courants d'air, une plaque rectangulaire est déplacée devant la façade de la sorbonne à une vitesse de 1 m.s⁻¹.

Dans le même temps, le gaz traceur est généré dans le volume de travail de la sorbonne. La robustesse du confinement est évaluée en mesurant la fuite de gaz traceur consécutive aux allers-retours de la plaque par des prélèvements d'atmosphère dans le plan de mesure extérieur situé 5 cm en amont de la façade.

2.4.2 Pertinence du paramètre

Des mesurages de la robustesse du confinement ont été effectués par l'INRS sur une sorbonne dont le niveau de confinement satisfait au critère fixé par la norme XP X 15-206. Il s'avère que, pour des vitesses d'air frontales variant de 0,30 à 0,70 m/s, les résultats ne sont pas reproductibles et ne permettent aucunement de différencier les situations. En effet, quelle que soit la vitesse, la concentration moyenne en traceur reste très faible (≤ 70 ppb). Les pics de concentration élevés observés en-dessous de 0,4 m/s restent par ailleurs inférieurs aux valeurs-seuil de confinement actuellement retenues en Allemagne [20].

2.5 Débit d'air extrait

La connaissance du débit d'air permet de vérifier que la sorbonne est correctement raccordée à l'extracteur et que le ventilateur fonctionne dans les conditions prévues. Elle permet également de s'assurer de la concordance entre débit extrait et vitesse moyenne d'air dans l'ouverture.

Pour les essais de type, la seule méthode retenue par la norme NF EN 14175-3 est la mesure de pression différentielle d'un organe déprimogène inséré dans le conduit d'extraction (EN ISO 5167-1). Il est bien évident que la détermination du champ des vitesses dans une section du conduit a tout autant de valeur, que la vitesse soit mesurée directement par un anémomètre ou via la pression dynamique par tube de Pitot. Pour l'essai de réception, la mesure en conduit est également proposée dans la partie 4 de la norme avec une référence normative à l'ISO 5221. Celle-ci décrit des méthodes allégées par rapport à celles de la norme EN ISO 5167-1.

Une méthode alternative est proposée consistant à mesurer la vitesse d'air frontale dans l'ouverture de la façade. Afin d'éviter toute entrée parasite pouvant être source d'erreur dans l'estimation du débit et pour que la totalité de l'air extrait passe bien par l'ouverture, il est nécessaire de s'assurer d'une étanchéité correcte de la sorbonne.

Une troisième méthode dite « méthode de la pression différentielle » est proposée. Elle ne pourra être réalisée que sur des sorbonnes équipées de points de référence spécifiés par le constructeur. Le débit sera alors estimé d'après des abaques fournis par le constructeur.

Pour les essais de routine, une autre méthode est proposée avec une ouverture de la façade mobile à 100 mm. Cet essai ne peut pas être retenu, car les erreurs générées par ce type de mesure sont trop importantes.

2.6 Efficacité du renouvellement d'air

La qualification de l'efficacité du renouvellement d'air est particulièrement pertinente pour les sorbonnes à faible débit ou à débit variable dans l'enceinte desquelles on pourrait craindre la création d'une atmosphère explosive lorsque la façade mobile est baissée et lorsque des zones sont sous-ventilées. À

noter cependant que, pour que les efficacités de renouvellement d'air de 2 sorbonnes puissent être comparées, il est indispensable que ces efficacités de renouvellement d'air aient été mesurées au même débit d'extraction, ce débit intervenant au dénominateur dans la formule de calcul.

2.7 Perte de charge

La mesure de la perte de charge de la seule sorbonne ne devrait apporter d'information utile ni à l'installateur, ni à l'utilisateur en raison de son faible niveau par rapport à celui du réseau d'aspiration. Le mesurage de ce paramètre présente donc peu d'intérêt.

2.8 Vitesses d'air dans le local

Le mesurage de ce paramètre est prévu lors des essais de qualification ou de réception. Il n'est à réaliser que si la visualisation des flux d'air dans le local par des fumigènes a conduit à identifier des perturbations dans le schéma d'écoulement d'air du local ; il permet alors de quantifier l'ordre de grandeur de ces perturbations.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Cornu J.C., Gaillardin M. – Les dispositifs de ventilation localisée appliqués aux laboratoires. Terminologie, description, domaines d'emploi. Cahiers de notes documentaires, 1993, ND 1906, 150, pp. 13-24.
- [2] Triolet J. et coll. – La conception des laboratoires de chimie. Cahiers de notes documentaires, 2002, ND 2173, 188, pp. 6-26.
- [3] Valeurs limites d'exposition professionnelle aux agents chimiques en France. Aide-mémoire technique. ED 984, INRS, 2008.
- [4] Aération et assainissement des lieux de travail. Aide-mémoire juridique. TJ 5, INRS, 2007.
- [5] NF EN 14175-1 – Installations de laboratoire. Sorbonnes. Partie 1 : vocabulaire. AFNOR, 2003.
- [6] NF EN 14175-2 – Installations de laboratoire. Sorbonnes. Partie 2 : exigences de sécurité et de performance. AFNOR, 2003.
- [7] NF EN 14175-3 – Installations de laboratoire. Sorbonnes. Partie 3 : méthodes d'essai de type. AFNOR, 2004.
- [8] NF EN 14175-4 – Installations de laboratoire. Sorbonnes. Partie 4 : méthodes d'essai sur site. AFNOR, 2005.
- [9] TS 14175-5 – Installations de laboratoire. Sorbonnes. Recommandations pour installation et entretien. CEN, 2006 (en anglais, ne sera pas repris dans la collection de l'AFNOR).
- [10] NF EN 14175-6 – Installations de laboratoire. Sorbonnes. Partie 6 : sorbonnes à débit d'air variable. AFNOR, 2006.
- [11] XP X 15-206 – Sorbonnes de laboratoire. Seuil pour l'essai de confinement, installation et maintenance. AFNOR, 2005.
- [12] NF EN 12665 – Lumière et éclairage. Termes de base et critères pour la spécification des exigences en éclairage. AFNOR, 2002.
- [13] NF EN 60-529 – Degrés de protection procurés par les enveloppes (code IP). AFNOR, 1992.
- [14] Caplan K.J., Knutson G.W. – Influence of room air supply on laboratory hoods. American Industrial Hygiene Association Journal, 1982, 43, 10, pp. 738-746.
- [15] HUGHES D. – A literature survey and design study of fume cupboards and fume dispersal systems. Leeds, Sciences Reviews Ltd, 1987.
- [16] Albern W.F., Darling F., Farmer L.R. – Laboratory fume hood operation. ASHRAE Journal, 1988, 30, 3, pp. 26-30.
- [17] L'assainissement de l'air des locaux de travail. Guide pratique de ventilation n°1. ED 657, INRS, 2001.
- [18] Cornu J.C., Gaillardin M. – L'aérodynamique des sorbonnes de laboratoire. Revue bibliographique, ND 1920, INRS, 1993.
- [19] Le dossier d'installation de ventilation. Guide pratique de ventilation n°10. ED 6008, INRS, 2007.
- [20] Marsteau S., Galland B., Martin P. – Évaluation des sorbonnes selon la norme EN 14175. Hygiène et Sécurité du Travail, 2008, ND 2301, 213.
- [21] Cornu J.C. – Les postes de sécurité microbiologique. Description, évaluation des performances, exploitation. ND 2042, INRS, 1997.
- [22] NF X 15-211 – Installations de laboratoire. Sorbonnes à recirculation. Généralités, classification, prescriptions. AFNOR, 2009.
- [23] NF EN 12600 – Verre dans la construction. Essai au pendule. Méthode d'essai d'impact et classification du verre plat. AFNOR, 2003.
- [24] Balty I. et coll. – Postes de sécurité microbiologique. Postes de sécurité cytotoxique. ND 2201, INRS, 2003.

COLLECTION DES GUIDES PRATIQUES DE VENTILATION

0. Principes généraux de ventilation	ED 695
1. L'assainissement de l'air des locaux de travail	ED 657
2. Ventilation des cuves et baignoires de traitement de surface	ED 651
3. Mise en œuvre manuelle des polyester stratifiés	ED 665
4. Postes de décochage en fonderie	ED 662
5. Ateliers d'encollage de petits objets (chaussures)	ED 672
6. Captage et traitement des aérosols de fluides de coupe	ED 972
7. Opérations de soudage à l'arc et de coupage	ED 668
8. Espaces confinés	ED 703
9. 1. Cabines d'application par pulvérisation de produits liquides	ED 839
9. 2. Cabines d'application par projection de peintures en poudre	ED 928
9. 3. Pulvérisation de produits liquides. Objets lourds ou encombrants	ED 906
10. Le dossier d'installation de ventilation	ED 6008
11. Sérigraphie	ED 6001
12. Deuxième transformation du bois	ED 750
13. Fabrication des accumulateurs au plomb	ED 746
14. Décapage, dessablage, dépolissage au jet libre en cabine	ED 768
15. Réparation des radiateurs automobiles	ED 752
16. Ateliers de fabrication de prothèses dentaires	ED 760
17. Emploi des matériaux pulvérulents	ED 767
18. Sorbonnes de laboratoire	ED 795
19. Usines de dépollution des eaux résiduaires et ouvrages d'assainissement	ED 820
20. Postes d'utilisation manuelle de solvants	ED 6049



Institut national de recherche et de sécurité
pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles
30, rue Olivier-Noyer 75680 Paris cedex 14 • Tél. 01 40 44 30 00
Fax 01 40 44 30 99 • Internet : www.inrs.fr • e-mail : info@inrs.fr

Édition INRS ED 795

2^e édition • mars 2009 • 2 000 ex. • ISBN 978-2-7389-1762-1 • impression groupe Corlet S.A.

