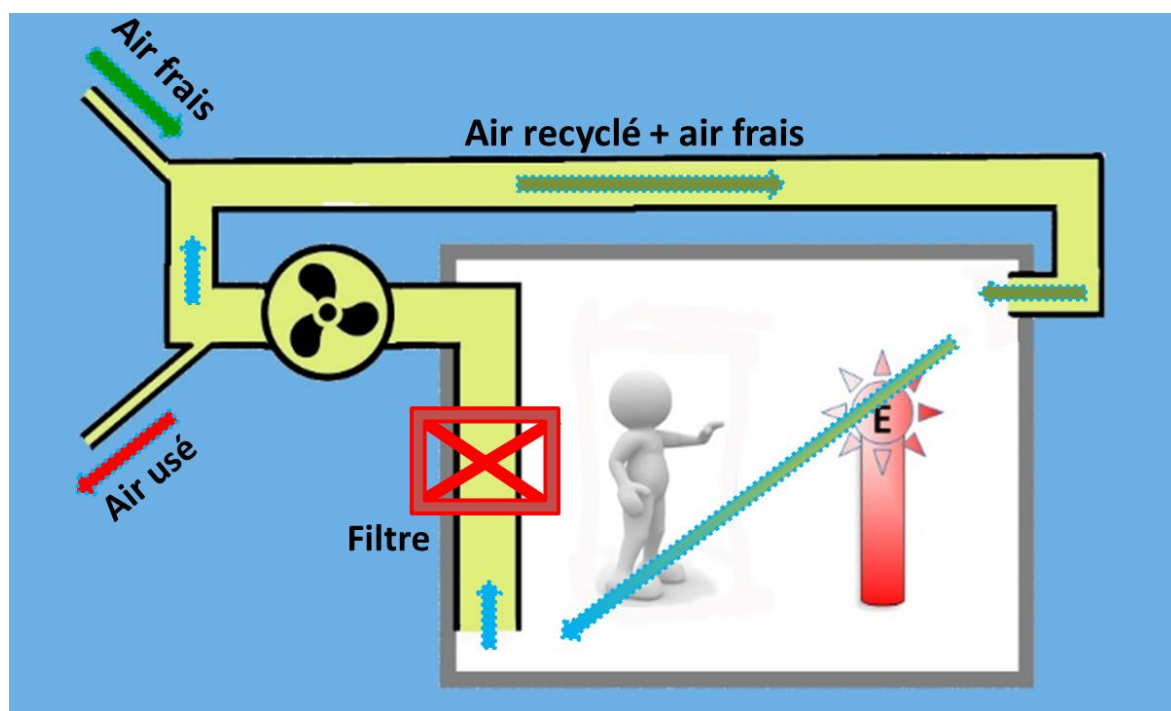


Protection contre le COVID-19 et autres microorganismes Système d'épuration continue des locaux de travail

Comme d'autres virus et bactéries, le SARS-CoV-2 – dont l'épidémie court sous le nom de COVID-19 – se transmet entre humains principalement par les airs. Un sujet contagieux émet des aérosols aqueux en respirant, en parlant, en chantant, en éternuant, en toussant. Ces minuscules gouttelettes transportent des virus pathogènes. Si un sujet sain inhale ces aérosols en quantité suffisante, son organisme ne peut plus maîtriser le microbe et la maladie s'installe.

Pour casser la chaîne de transmission, il convient donc d'éviter que la personne saine inhale le pathogène en quantité critique. Le concept de protection proposé ici concerne les locaux de travail. Il consiste à rabattre rapidement les aérosols vers le sol, puis à les entraîner au travers d'un filtre électrostatique. Celui-ci présente les propriétés de retenir de très petites gouttelettes et particules, et de désactiver les microorganismes vivants. L'air ainsi épuré peut être recyclé.



Le concept de ventilation motocontrôlée présenté ci-après a été développé pour éviter la propagation du virus SARS-Cov-2 dans les locaux de travail de l'industrie microtechnique. Il s'agit d'une mesure technique permanente et hautement efficace, suivant le principe de protection « STOP ». Hors considération de la situation pandémique COVID-19, le système bien exploité et entretenu permet de neutraliser une large palette de microorganismes, et de retenir les aérosols et poussières de toute provenance, de taille supérieure à 10 nm. Ainsi, l'installation d'une ventilation spécifique avec filtre électrostatique constitue un investissement durable.

Système de ventilation mécanique des locaux

En présence de polluants dans l'air, l'aération par ouverture des fenêtres est un minimum, mais rarement suffisant. Il convient d'installer une ventilation mécanique, en respectant les principes suivants :

1. Aspirer les polluants à la source (poussières, brouillards, aérosols, gaz...). Lorsque la source est un humain, ce principe est difficilement applicable ; comme alternative, les expectorations pathogènes peuvent être partiellement retenues par un masque facial ; toutefois, on ne devrait y recourir qu'exceptionnellement, les personnes contagieuses devant quitter la place de travail dès que possible.
2. Traiter l'air du local à une fréquence telle que la concentration en polluants n'atteigne pas le seuil pathogène (VME/VLE, charge virale) : 3 à 5 volumes par heure.
3. Créer un flux d'air du haut vers le bas du local, si possible en diagonale, de façon à maintenir propre la zone respirable de chaque personne. On favorise ainsi le renouvellement complet du volume et sa décontamination en continu.

Lorsque la prise d'air vicié et celle d'insufflation sont trop proches l'une de l'autre, le flux d'air établit un circuit court ; les volumes qui en sont éloignés ne participent au brassage que dans une moindre mesure ; par thermodynamique, il pourrait même se former des flux verticaux indépendants échappant au traitement.

4. Échanger une partie de l'air du local avec de l'air frais afin d'assurer le taux d'oxygène vital (au moins 36 m³ /heure /personne). Les personnes – et éventuellement les procédés – génèrent naturellement du gaz carbonique (CO₂), ce qui appauvrit progressivement la teneur en oxygène de l'air (normalement, O₂ ≈ 21%).
5. Épurer l'air recyclé du local (filtration, sinon remplacement total de l'air intérieur).
6. Aux places de travail, s'assurer que la vitesse du flux d'air ne dépasse pas 0,2 m/s (sinon, sensation de courant d'air).

La construction du système de ventilation mécanique doit tenir compte de tous ces points.

L'introduction d'air doit être située au plafond, ou dans sa proximité. La prise d'air vicié doit se situer près du sol (à 10-20 cm). Dans les grands locaux, on peut disposer une introduction au centre, ou plusieurs introductions, et récupérer l'air vicié au bas de deux faces parallèles. La ventilation horizontale ou en diagonale vers le haut peut accentuer le risque de contamination virale en infectant la zone de respiration de sujets sains.

Il est possible d'intercaler un échangeur à plaques dans le dispositif d'apport d'air frais, afin d'économiser l'énergie calorifique en période de chauffage (voir norme SIA 382/1).

Pour faciliter le maintien de la température de travail du local, l'air entrant peut être climatisé, par exemple au moyen d'un échangeur à eau chaude/froide.

Filtration de l'air à recycler

Si l'air intérieur contient des polluants, il doit être filtré, qu'il soit dirigé vers l'extérieur ou partiellement recyclé. On admet toutefois que l'air évacué vers l'extérieur ne soit pas filtré s'il ne contient pas de polluants chimiques, ni de poussières ou microorganismes générés par l'activité.

Ordinairement, on dispose un ou plusieurs filtres mécaniques dans le circuit de ventilation. Lorsqu'il s'agit de retenir des nanoparticules telles que les virus, on emploie des filtres à haute performance dits HEPA (*high-efficiency particulate air*). Ceux-ci peuvent facilement se colmater, nécessitent des ventilateurs puissants et demandent une maintenance rigoureuse. En outre, les microorganismes peuvent rester vivants, et même y proliférer. C'est pourquoi ces filtres sont souvent complétés par un substrat à charbon actif ou un diffuseur de rayonnement UV-C.

Pour répondre à la problématique COVID-19, une solution de filtration par champ électrostatique est recommandée. Son efficacité connue dans les applications sur machines-outils s'est confirmée en ventilation lors de tests récents menés dans un laboratoire universitaire en Suisse.

Le principe de la filtration électrostatique consiste à faire passer le flux d'air contaminé d'abord au travers d'un champ électrique à haute tension. Les particules solides et liquides sont ainsi chargées électriquement (ionisées). Dans l'étape suivante, elles sont piégées par des électrodes polarisées, quelle que soit leur taille (à partir de 10 nm).

Par ailleurs, s'agissant des organismes vivants tels que les virus, l'expérience a montré qu'ils sont désactivés par les champs électrostatiques forts.

Du fait de sa construction, le filtre électrostatique ne présente qu'une très faible résistance au passage de l'air ; le colmatage propre aux filtres mécaniques est évité. Le dispositif peut être facilement inséré dans une installation de ventilation existante, sans en modifier la motorisation, et l'entretien est simple (lavage des plaques).

Le filtre électrostatique génère de l'ozone (O₃), par ionisation de l'oxygène. Ce gaz est aseptisant et concourt donc aussi à la désactivation des particules virales. Il est instable et se décompose rapidement en contact avec l'humidité ou des objets. En concentration élevée dans l'air respirable, il pourrait cependant causer des irritations des muqueuses humaines et animales ; cette situation n'a cependant pas été mise en évidence dans les ateliers dont les machines sont équipées de tels filtres. En cas de doute, des mesures peuvent être réalisées ; la VME à la place de travail est établie à 0,1 ppm ou 0,2 mg/m³ (moyenne sur 8 h/jour, et 40 h/semaine).

Comparaison de différents filtres

| Dispositif | Filtre électrostatique (testé sur Elbaron RON 60 STR, 453m ³ /h) | Masque d'hygiène EN 14683, type IIR | Masque de protection EN 149, type FFP2 | Filtre HEPA (max.) |
|--|---|---|---|---|
| <i>Particules : tailles filtrées</i> | 250 à 650 nm* | 650 à 7000 nm | 600 nm et plus grand | 300 nm et plus grand |
| <i>Performance zone filtrante</i> | Filtration : 96% | Filtration : 98% | Filtration : 94% | Filtration : 99,9% |
| <i>Particules testées</i> | Aérosols pseudo-salivaires | Bactéries [EFB] | Aérosols | Aérosols |
| <i>Efficacité globale en conditions d'exploitation</i> | Filtration totale du volume d'air, 3x par heure (FTI=0%). | Capacité de filtration volume estimée à 60% (fuites autour du masque, FTI=40%). | Capacité de filtration volume de 92% au moins (FTI=8%). | Filtration totale du volume d'air, 3x par heure (FTI=0%). |
| <i>Utilisation</i> | Sur installation de ventilation | EPI | EPI | Sur installation de ventilation |
| <i>Charge dans le flux d'air</i> | Faible résistance de passage | Résistance de passage moyenne | Résistance de passage moyenne | Haute résistance de passage |
| <i>Entretien</i> | Laver les plaques 1 à 4 fois par mois | À remplacer après 4h | À remplacer après 8h | Remplacer le média 1 à 4 fois par mois |

* Capable de retenir toute particule > 10 nm, selon le fabricant ; testé entre 250 et 650 nm.

Système électrostatique : conception, dimensionnement et limitation d'utilisation

Le dimensionnement du filtre en rapport avec le débit d'air à traiter et le volume du local est à déterminer par le fournisseur du dispositif, en tenant compte des paramètres décrits ci-dessus.

Le concepteur du système de ventilation doit intégrer les caractéristiques décrites ci-dessus.

Les dispositifs de filtration électrostatique ne conviennent pas pour les atmosphères explosibles, ni pour les locaux où une concentration en aérosols inflammables potentiellement dangereuse est prévisible (par exemple, lavage en cuve ouverte avec des solvants organiques tels que l'alcool ou l'acétone, zones ATEX) ; installer un filtre HEPA normé ATEX.

En présence de gaz dangereux plus légers que l'air, un détecteur au plafond doit ouvrir automatiquement une aspiration à ce niveau si la valeur de consigne est dépassée.

Précautions d'installation : attention au bruit

La cellule électrostatique est quasiment silencieuse, mais le ventilateur et le flux d'air dans la tuyauterie génèrent du bruit. Selon les activités menées dans le local, ce bruit peut être gênant. Pour réduire le niveau sonore, on peut monter le ventilateur dans une autre pièce (réduit, combles, couloir...), en façade ou sur le toit (attention aux nuisances de voisinage). L'unité générant le bruit et / ou la tuyauterie peuvent être isolées au moyen d'un absorbant acoustique (attention toutefois aux éléments actifs qui pourraient s'échauffer dangereusement). Les fabricants d'éléments donnent souvent une indication du bruit généré, mesurée à 1 mètre de distance dans des conditions de laboratoire. Quant à lui, le niveau de bruit au poste de travail se mesure au moyen d'un sonomètre. Il faut maintenir ce niveau au-dessous des valeurs L_{eq} suivantes (valeurs globales, tous bruits confondus) :

- Activité de bureau, salle de réunion, salle de cours, informatique, local de repos : 35 à 40 dB(A).
- Laboratoire, contrôle, activités intellectuelles, grande concentration nécessaire : 45 à 50 dB(A).
- Bureau d'atelier, locaux de pause, cantine : 55 à 60 dB(A).
- Activités de fabrication et artisanales : 75 à 85 dB(A). Au-delà, port de protections auditives obligatoire.

Autres considérations techniques

Temps d'exploitation. Pour être efficace contre les microorganismes, le système de ventilation mécanique doit être exploité en continu lorsque plusieurs personnes sont présentes dans le local. Les périodes de fonctionnement peuvent devoir être allongées en présence d'autres polluants, ou pour réguler la température du local. Il est aussi possible de prévoir un fonctionnement ponctuel en mode « tempête » en cas d'émanation importante, anormale et dangereuse de gaz, d'aérosols ou de poussières.

Il n'est pas indispensable de renouveler l'air lorsque le local n'est pas occupé, sauf en cas d'émanations dangereuses potentielles (réduction du risque d'explosion ou d'intoxication).

Absence de ventilation mécanique. Si le local occupé ne dispose pas d'installation de ventilation, il faut planifier l'ouverture régulière des fenêtres durant le temps de présence de personnes, au moins une fois 5 minutes par heure. Il est préférable et plus efficace d'ouvrir toutes les fenêtres en grand durant quelques minutes, plutôt que de procéder par entrebâillement permanent de quelques ouvertures. Ainsi, la charge virale potentielle peut être limitée et l'apport d'oxygène assuré.

Colonnes d'épuration autonomes. Ces colonnes déplaçables ne sont pas pourvues de systèmes d'apport d'air frais. Il faut assurer ce renouvellement en ouvrant les fenêtres régulièrement ou par une ventilation mécanique qui le permet. En outre, et sauf indication écrite contraire du fabricant, ces colonnes ne sont pas destinées à l'épuration de gaz, aérosols et poussières provenant de l'activité.

L'air vicié doit être aspiré près du sol puis, après épuration, rejeté en hauteur, à au moins 1,70 mètre du sol. Personne ne doit stationner dans le flux d'air entre un sujet potentiellement contagieux et l'appareil. Si le local est sujet aux va-et-vient, des flux d'air aléatoires se forment, indépendamment de l'appareil.

Maintenance. Quelle que soit le type de ventilation mécanique et de filtre, il faut en planifier la maintenance, en considérant les instructions du fabricant. Pour les dispositifs non pourvus de systèmes aseptiseurs, des EPI appropriés doivent protéger l'agent de maintenance (combinaison, masque FFP2, gants, lunettes de protection).

Liste de contrôle

| | | Oui | Non |
|----|---|--------------------------|--------------------------|
| 1 | L'arrivée d'air est-elle située en haut du local ou au plafond ? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 2 | L'aspiration d'air vicié est-elle située en bas du local (10 à 20 cm du sol) ? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 3 | Le flux d'air est-il forcé à la diagonale du local ? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 4 | Le système de ventilation est-il équipé d'un filtre électrostatique ? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 5 | Le local est-il exempt d'atmosphère explosible ? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 6 | En présence d'un gaz léger dangereux, une aspiration s'ouvre-t-elle près du plafond ? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 7 | Le volume d'air du local est-il traité entre 3 et 5 fois par heure ? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 8 | Un apport minimum d'air frais de 36 m ³ /h /personne est-il effectif ? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 9 | Le niveau de bruit maximum correspond-il à l'activité exercée dans le local ? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 10 | Les émanations de chimiques ou de poussières sont-elles aspirées à la source ? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 11 | Aux places de travail, la vitesse des courants d'air est-elle limitée à 0,2 m/s ? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 12 | Les différents paramètres de l'installation ont-ils été vérifiés <i>in situ</i> ? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 13 | L'entretien de l'installation de ventilation est-il planifié ? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 14 | Les périodes de fonctionnement de l'installation sont-elles déterminées ? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |