

Le livre qui accompagne le
podcast, richement
illustré



Sven Rentschler

Malentendus en matière de ventilation et de qualité de l'air



CONSEIL + CONCEPTION

© cci Dialog GmbH, Karlsruhe.

Tous droits réservés.

ISBN : 978-3-922420-74-3

Cet ouvrage, y compris l'ensemble de son contenu, est protégé par le droit d'auteur. Il ne peut être reproduit, ni dans son intégralité ni par extraits, sous quelque forme que ce soit et par quelque moyen que ce soit, électronique ou mécanique (par photocopie, enregistrement ou tout autre moyen utilisant des systèmes existants ou futurs), sans l'autorisation écrite préalable de l'éditeur.

L'éditeur et l'auteur déclinent toute responsabilité quant à l'actualité, l'exactitude, l'exhaustivité et la qualité des informations fournies. Des erreurs d'impression et des informations erronées ne peuvent être totalement exclues.

1re édition 2023

Auteur : Sven Rentschler, Rentschler REVEN GmbH, Ludwigstr. 16-18, 74372 Sersheim Photos,

crédits photos : Rentschler REVEN GmbH

Mise en page, couverture, dessins, illustrations : Gabriele Wiedemann, digital-kunst.com

Révision : Eva Schwarz, technische-uebersetzungen-eva-schwarz.de

Impression : Esser bookSolutions GmbH, Göttingen

Éditeur : cci Dialog GmbH, Poststr. 3, 76137 Karlsruhe

Vous trouverez le catalogue complet de nos propres titres ainsi qu'une sélection exclusive d'ouvrages spécialisés sur cci-dialog.de.

cci Buch est une marque de cci Dialog GmbH.

Avis sur le podcast

L'engouement suscité par le podcast a été tel qu'il s'est imposé tout naturellement d'en faire un livre. Voici quelques retours qui parlent d'eux-mêmes :



« ... le podcast sur les courants d'air m'a donné envie d'en savoir plus... »

« ... je tiens à vous féliciter pour cet intéressant podcast
« Idées reçues sur la ventilation et la qualité de l'air » et vous remercier pour ces informations... »

« ... merci beaucoup pour ce podcast vraiment intéressant. J'ai une suite. Je suis chef de projet dans le domaine de la ventilation depuis plus de 20 ans et j'ai pu en tirer de nombreux enseignements pour la pratique et pour de futurs projets. Je serais ravi de pouvoir construire avec vous la prochaine installation de cuisine... »

« ... Je tiens à vous féliciter pour ce podcast. Le sujet est très accessible, même pour des personnes comme moi qui ne maîtrisent pas le sujet en profondeur... »

« ... En tant qu'auditeur assidu de votre podcast, je souhaite saisir cette occasion pour commander l'ouvrage spécialisé annoncé pour 2023. J'espère que d'autres épisodes seront consacrés au thème de l'air, notre bien le plus précieux... »

Remerciements

Je tiens à adresser mes remerciements particuliers à Gabriele Wiedemann et Eva Schwarz. Je collabore avec succès avec ces deux prestataires depuis de nombreuses années. Il y a plus d'une décennie, cette collaboration a donné naissance à un catalogue de produits pour notre entreprise, REVEN GmbH, qui traitait des mêmes thèmes que cet ouvrage. Nous avons également mené à bien d'autres projets au sein de cette équipe, comme la mise en place réussie du site Internet de notre entreprise. L'expérience que nous avons pu acquérir au cours de ces projets a largement contribué à la rédaction de cet ouvrage.

Les illustrations de Mme Wiedemann et les corrections apportées au texte par Mme Schwarz s'appuient sur nos nombreuses années d'expérience commune et constituent le fondement d'une compréhension sans pareille du sujet. La collaboration autour de cet ouvrage a été agréable et sans complication, et a abouti à un résultat que je n'aurais pas pu réaliser seul avec une telle qualité.

Je tiens également à remercier tout particulièrement nos associés du groupe SchAKO, qui ont soutenu dès le début le projet d'écriture de cet ouvrage et ont su y voir l'occasion de donner tout son sens à notre slogan « Pure competence in air. ».

Je remercie également mes collègues Holger Reul, Sascha Kess et Vitali Lai pour toutes les discussions stimulantes que nous avons eues ces dernières années sur les thèmes de la ventilation et de la qualité de l'air, qui m'ont beaucoup inspiré pour la rédaction de cet ouvrage.

Je serais ravi que nous puissions poursuivre et approfondir les thèmes et les réflexions abordés dans cet ouvrage. Vous pouvez me contacter via LinkedIn. Je me réjouis d'échanger avec vous.

Avant-propos

Avec le début de la pandémie en 2020, la ventilation adéquate est devenue l'un des sujets phares en Allemagne. Partout dans le pays, des discussions ont eu lieu sur la qualité de l'air intérieur. Des débats passionnés ont porté sur la manière dont les salles de classe devaient être correctement ventilées. On a souvent constaté avec étonnement que de très nombreux bureaux ne pouvaient pas être alimentés en air frais par un système de ventilation intégré au bâtiment. Chez les fabricants de purificateurs d'air compacts, une véritable ruée vers l'or s'est soudainement déclenchée. Partout dans le pays, des discussions controversées ont eu lieu sur la manière de mesurer et d'évaluer la pollution de l'air intérieur. Des campagnes ont même été lancées pour promouvoir l'air pur comme le bien de première nécessité le plus important.

D'où vient cet engagement soudain et si véhément ? Bon nombre de ces arguments et de ces questionnements m'accompagnent depuis le début de ma carrière. En 1995, j'ai rejoint notre entreprise, la société REVEN GmbH.

REVEN est l'acronyme de REntschler VENTilation. La ventilation est précisément le domaine auquel REVEN GmbH se consacre depuis des générations et auquel je me consacre moi-même depuis des décennies, d'abord en tant que directeur technique, puis aujourd'hui en tant que directeur général. Les purificateurs d'air et les produits de ventilation de REVEN GmbH sont utilisés pour garantir un air pur dans les locaux à usage professionnel. Il s'agit par exemple de halls de production dans l'industrie agroalimentaire, d'installations dans le secteur de la construction mécanique, ainsi que de grandes cuisines et de cantines. Ces locaux de production ont tous un point commun : l'air ambiant y est souvent très fortement pollué et contaminé. Mesurer et analyser le niveau de pollution dans ces zones, puis filtrer et purifier l'air : telles sont les missions auxquelles nous nous consacrons depuis des décennies chez REVEN GmbH.

Depuis le début de la crise du coronavirus en 2020, ces missions liées à la purification de l'air ne concernent soudainement plus uniquement le secteur industriel, mais sont devenues un enjeu dans l'ensemble de

Allemagne. Au cours de ces discussions, parfois menées avec beaucoup de passion, j'ai remarqué que les enjeux dans les secteurs professionnel et privé se ressemblaient de plus en plus. Cependant, face à la hausse soudaine et fulgurante de la demande, certains fabricants ont cessé de faire preuve de rigueur quant aux indications de performance de leurs purificateurs d'air. On a avancé bien des affirmations et fait encore plus de promesses. L'effet de ventilation, la performance de filtration et l'efficacité de nombreuses solutions sont difficiles à appréhender, surtout pour les non-initiés, ce qui a donné lieu à des malentendus dans le débat. Ces malentendus, par exemple concernant la qualité de l'air et la purification adéquate de l'air ambiant dans les salles de classe, sont similaires à ceux qui, depuis plusieurs décennies, se sont cristallisés en demi-vérités dans l'industrie.

Cet ouvrage a pour but de donner un aperçu des malentendus et des demi-vérités qui entourent le thème de la ventilation, ainsi que de leur origine, tant dans le domaine privé qu'industriel.

Je n'aborderai pas ces différents thèmes de manière trop scientifique, mais plutôt à la lumière des expériences que j'ai acquises depuis 1995 dans le cadre de mon activité professionnelle et de ma pratique au sein de la société REVEN GMBH. Dès mes études d'ingénierie mécanique à l'université de Stuttgart, j'ai pu me faire une idée des missions essentielles d'une gestion efficace de la technologie et de l'innovation. J'ai ainsi acquis des connaissances précieuses en matière de développement de produits innovants et d'échange de savoir-faire entre la recherche et la pratique.

Je souhaite, grâce à cet ouvrage, continuer à favoriser cet échange et l'approfondir dans le domaine de la ventilation et de la qualité de l'air, afin de dissiper certains malentendus.

*« Dans notre environnement pollué, l'air devient
peu à peu visible. »*

(Norman Kingsley Mailer (1923 – 2007), écrivain américain)

Table des matières

Remerciements	3
Avant-propos	4
1. Comment peut-on « aspirer » quelque chose ?	9
1.1. Idées reçues concernant la mesure des polluants atmosphériques.....	12
1.2. Les bulles peuvent faciliter la détection et l'aspiration !.....	22
2. Comment filtrer quelque chose ?	27
2.1. Le malentendu concernant la différence entre filtration et séparation.....	29
2.2. Les tourbillons peuvent contribuer à la purification de l'air !.....	35
3. Comment éliminer les vapeurs et les odeurs ?	47
3.1. Le malentendu concernant la différence entre la vapeur et les aérosols	50
3.2. Les analyseurs FID peuvent être utiles pour analyser la pollution atmosphérique !.....	57
4. Comment neutraliser les virus et les odeurs ?	65
4.1. Le malentendu concernant le rayonnement UV-C	68
4.2. Le rayonnement UV-C peut-il éliminer les aérosols ?	77
5. Comment rendre visibles les flux d'air ?	87

5.1. Le malentendu lié aux petites images colorées représentant les flux d'air	90
5.2. Les simulations CFD permettent de visualiser les écoulements d'air !	95
6. Comment mesurer la pollution atmosphérique ?	105
6.1. Les idées reçues sur la qualité de l'air intérieur.	114
6.2. Les mesures de particules permettent de mettre en évidence la pollution atmosphérique !	126
Conclusion	132

1. Comment peut-on aspirer ?



Comment aspirer facilement quelque chose ? En somme, une question simple à laquelle tous nos collègues spécialisés dans la ventilation auraient immédiatement une réponse ! Mais l'aspiration efficace est-elle vraiment aussi simple et banale qu'on pourrait le croire à première vue ?

Exemple pratique : l'aspirateur

Voici un exemple simple que nous connaissons tous : passer l'aspirateur, que ce soit dans notre voiture préférée ou dans le salon à la maison. Lorsque nous passons l'aspirateur, nous voulons aspirer des saletés, comme par exemple des miettes de pain sur le tapis. Plus nous rapprochons la buse de l'aspirateur des miettes sur le tapis, plus celles-ci sont aspirées facilement et rapidement. Nous obtenons le meilleur résultat en plaçant la buse de l'aspirateur directement au-dessus des saletés. En un clin d'œil, les miettes ont disparu dans l'aspirateur.

Voilà la réponse à la question : comment bien aspirer quelque chose ? Il faut le capturer à 100 %. Ce n'est qu'ainsi qu'il peut être entièrement aspiré. Dans notre exemple, nous avons dû placer la buse de l'aspirateur directement au-dessus des miettes de pain sur le tapis pour les aspirer correctement et intégralement.

La bonne position d'aspiration

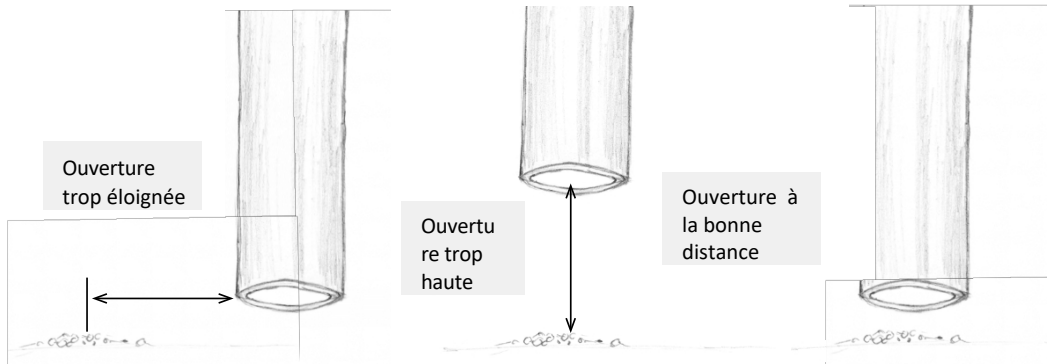


Figure 1

Ce principe de base doit être appliqué dans le domaine de la ventilation partout où l'air vicié et pollué doit être entièrement évacué : dans les salles de classe, où l'air contaminé par des virus doit être éliminé ; dans les ateliers de soudure, où les fumées de soudure doivent être captées ; dans les cuisines, où les vapeurs de cuisson doivent être aspirées ; et dans la construction mécanique, où les liquides de refroidissement et les lubrifiants évaporés sur les machines-outils modernes doivent être captés. Dans tous ces exemples, les vapeurs, les gaz, l'air contaminé par des virus et les aérosols doivent être captés et évacués sous différentes formes.

Il convient ici d'accorder une attention particulière à l'ordre des opérations :

d'abord capter, puis extraire !

1.1. Malentendus concernant la détection des polluants atmosphériques

Comme nous l'avons appris dans notre exemple initial, les miettes de pain sur notre moquette ne peuvent être aspirées rapidement et facilement avec l'aspirateur que si nous plaçons la buse directement au-dessus des miettes ! Il en va de même pour les systèmes de ventilation dans les cuisines. Il est important de respecter la bonne distance lors de l'aspiration. Peu importe qu'il s'agisse d'un grand système de ventilation dans une cantine d'usine ou de notre cuisine privée à la maison. Même notre hotte de cuisine design à la maison obéit au même principe, décrit ci-dessous, pour la captation et l'aspiration des vapeurs de cuisson.

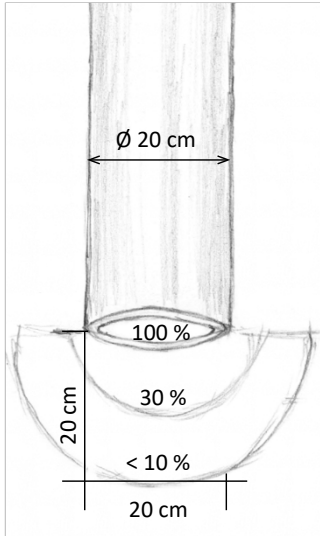
Idée fausse

Rapport entre la puissance d'aspiration et la distance du tuyau d'aspiration

La puissance d'aspiration à l'orifice d'un dispositif d'aspiration est de cent pour cent. Cela vaut également pour la buse de notre aspirateur ! Là encore, c'est directement à l'orifice de la buse que la puissance d'aspiration est la plus élevée. Plus on s'éloigne de l'orifice de la buse, plus la puissance d'aspiration diminue.

Ce que l'on sous-estime très souvent, c'est l'ampleur de cette diminution de la puissance d'aspiration. Avec un tuyau d'aspiration d'un diamètre de vingt centimètres, on n'obtient plus qu'une puissance d'aspiration équivalente à 10 % de la puissance d'aspiration initiale à une distance de vingt centimètres de l'embout.

Puissance d'aspiration en fonction de la distance



Puissance d'aspiration de 100 % directement à l'entrée du tuyau

La puissance d'aspiration diminue fortement à mesure que la distance par rapport à l'entrée du tuyau d'aspiration augmente.

La puissance d'aspiration n'est que d'environ 10 % lorsque la distance entre le tuyau d'aspiration et le diamètre du tuyau (ici 20 cm) est égale à ce dernier.

Figure 2

Ainsi, si la distance entre un tuyau d'aspiration et les salissures est égale au diamètre du tuyau, la puissance d'aspiration n'est plus que d'environ 10 %.

Cette loi s'applique à tout type de dispositif d'aspiration, qu'il s'agisse d'un aspirateur ou d'une hotte de cuisine à la maison, du système de ventilation d'un atelier de soudure industriel ou du grand plafond ventilé de la cantine d'usine. Si la distance entre le dispositif d'aspiration et l'endroit où les polluants libérés doivent être captés est trop grande, la puissance d'aspiration est nulle. Dans la grande majorité des cas, c'est déjà le cas pour des distances comprises entre trente et cinquante centimètres !

Idée fausse

Une efficacité accrue grâce à des plaques à buses à écoulement optimisé

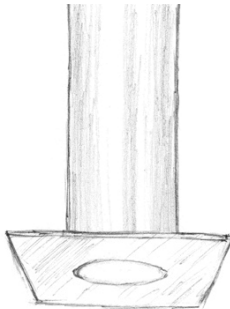
En matière d'efficacité également, des malentendus surviennent fréquemment. Dans de nombreux cas, on pense à tort que les plaques d'injection dites « à écoulement optimisé » contribueraient à une utilisation plus efficace de la force d'aspiration. Dans ce cas, une plaque supplémentaire est installée autour du tuyau d'aspiration. Le tuyau est centré dans une ouverture de la plaque et la transition entre la plaque et le tuyau d'aspiration est façonnée en forme de buse d'entrée sur un rayon. Cette buse d'entrée est censée optimiser le flux d'air dans la zone d'aspiration et assurer ainsi une aspiration plus efficace. Cependant, si l'on compare un tuyau d'aspiration équipé d'une plaque à buses à écoulement optimisé à un tuyau d'aspiration classique muni d'une plaque sans buse d'entrée, on ne constate que des avantages minimes.

Plaques à buses

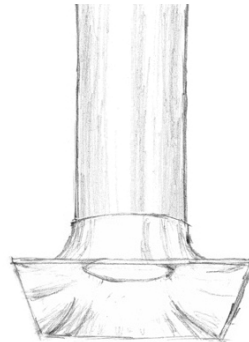
Les plaques à buses sont utiles pour « guider » le flux d'air, mais n'ont qu'un effet minime sur la puissance d'aspiration.



Tuyau d'aspiration sans plaque à buses



Tuyau d'aspiration avec plaque bridée



Tuyau d'aspiration avec plaque à buses

Figure 3

Expérience – Éteindre la flamme d'une bougie par aspiration

Prenons l'exemple d'une bougie pour illustrer ce phénomène. Avez-vous déjà essayé d'éteindre une bougie en aspirant de l'air ? Je ne peux que vous mettre en garde : mieux vaut ne pas essayer ! Dans le cadre de conférences sur ce sujet, je réalise régulièrement cette expérience devant un public et je me brûle presque toujours les lèvres, car je dois approcher très près de la bougie le point d'aspiration, c'est-à-dire ma bouche, pour avoir un quelconque effet sur la flamme. L'extinction de la flamme par aspiration ne fonctionne pourtant généralement pas !

Cet exemple simple montre clairement à quel point l'effet d'aspiration est limité et à quel point la proximité du point d'aspiration est importante lorsque l'on souhaite capturer et aspirer quelque chose.

Idée fausse

La distance par rapport à l'orifice d'aspiration du purificateur d'air n'est pas si importante

Cette idée fausse est souvent à l'origine d'erreurs dans la pratique : que ce soit pour les purificateurs d'air dans les écoles, les systèmes de ventilation des postes de soudage, les hottes de cuisine au-dessus des plaques de cuisson ou les séparateurs d'aérosols sur les machines-outils, les ouvertures d'aspiration sont souvent beaucoup trop éloignées de la source d'émission.

Avec un aspirateur, on peut résoudre rapidement ce problème en rapprochant la buse d'aspiration des salissures. Malheureusement, cela n'est pas possible avec les hottes de cuisine fixes. Dans ce cas, les vapeurs de cuisson doivent parvenir dans la zone d'aspiration de la hotte ; sinon, les vapeurs de cuisine ne sont tout simplement pas captées et ne peuvent donc pas être aspirées.

Simulation CFD

La capture et l'aspiration des flux d'air et des polluants qu'ils contiennent peuvent être simulées, visualisées et analysées en détail à l'aide de solutions logicielles adaptées. On utilise pour cela la simulation numérique des écoulements, également appelée simulation CFD. CFD est l'abréviation de « Computational Fluid Dynamics » (dynamique des fluides computationnelle). Grâce à cette méthode de simulation, il est possible de visualiser les flux d'air les plus divers et d'évaluer l'efficacité de l'aspiration.

Notre expérience en interne

Au sein de notre entreprise, nous avons notamment étudié l'efficacité de la captation et de l'aspiration des hottes de cuisine traditionnelles. Les premières simulations numériques des écoulements ont été réalisées en interne dès 199d. L'analyse de ces simulations, encore assez simples à l'époque, et le calcul des résultats prenaient souvent plusieurs jours.

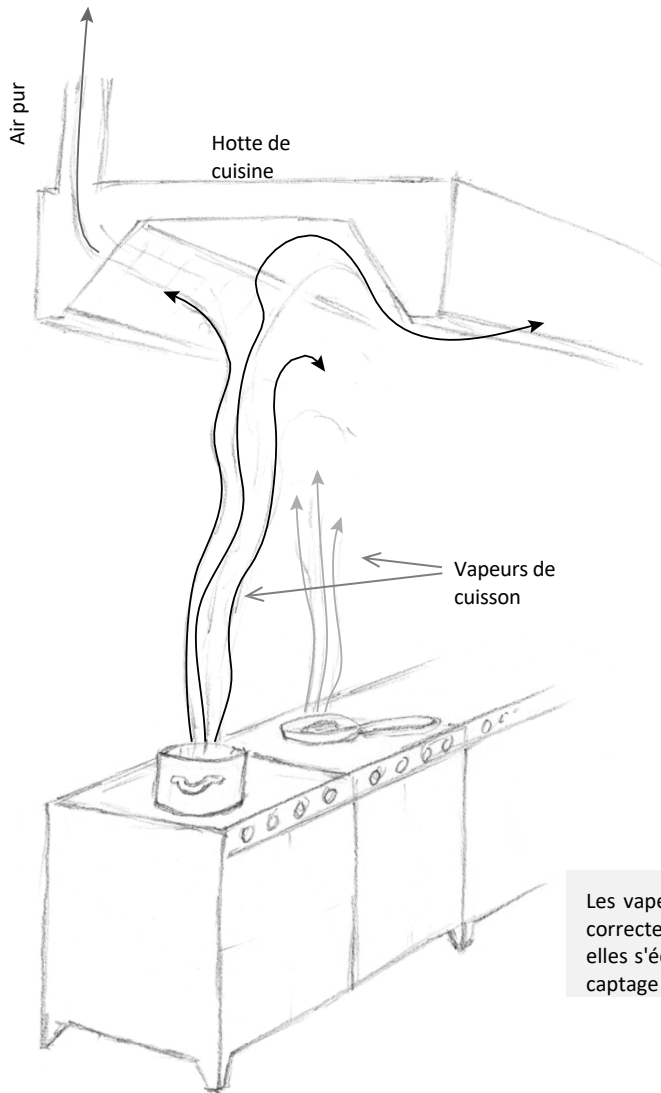
Depuis lors, cette technologie a connu un développement fulgurant et les résultats sont désormais disponibles en une fraction du temps. Ils sont aujourd'hui nettement plus précis et plus pertinents, même pour des composants très complexes, tels que les ventilateurs.

Grâce à cette évolution, il est désormais possible d'analyser et de visualiser non seulement les flux d'air pour des composants individuels, mais aussi pour des pièces entières !

Importance pour la ventilation des cuisines

Cette analyse revêt une importance particulière pour les dispositifs d'aspiration situés loin de la source d'émission, comme par exemple une hotte de cuisine installée à une grande distance de la surface de cuisson. La hotte de cuisine ne peut capter que les vapeurs de cuisson qui pénètrent directement dans sa zone de captage. Qu'est-ce que cela signifie concrètement ? Les vapeurs provenant des casseroles doivent, lorsqu'elles s'élèvent, s'écouler directement vers la zone d'aspiration et de filtration de la hotte de cuisine.

Ventilation de cuisine



Les vapeurs de cuisson ne sont correctement aspirées que si elles s'écoulent dans la zone de captage de la hotte de cuisine.

Illustration 4

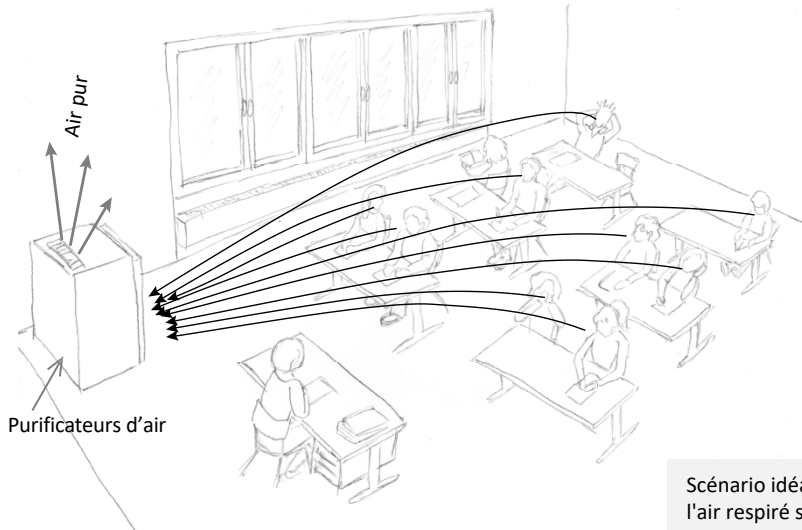
Importance pour la purification de l'air dans les salles de classe

Si l'on souhaite que l'air d'une salle de classe soit continuellement purifié des virus pendant les cours, il doit circuler sans obstacle vers les purificateurs d'air installés dans la pièce, afin d'y être capté et purifié. Souvent, une fenêtre entrouverte suffit à dévier le flux d'air de telle sorte que celui-ci ne soit plus suffisamment capté et purifié.

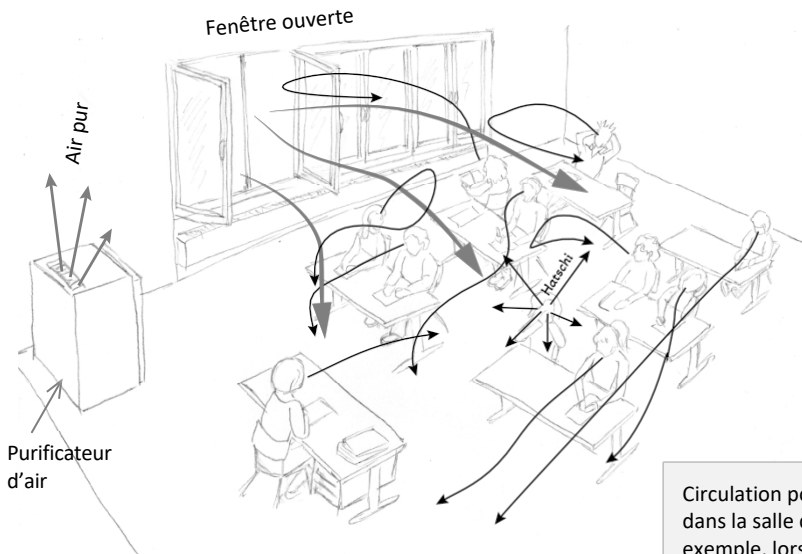
Un apport d'air frais mal conçu peut avoir un effet tout aussi néfaste sur l'aspiration qu'une fenêtre entrouverte par laquelle souffle le vent. Les systèmes CFD modernes permettent d'étudier, d'identifier et d'éliminer ces interactions. C'est la seule façon d'obtenir réellement une capture totale.

Des études CFD menées sur nos propres purificateurs d'air et hottes de cuisine ont également confirmé la loi décrite précédemment : plus les points d'aspiration des hottes de cuisine sont éloignés des casseroles, moins il est probable que les vapeurs de cuisson puissent être entièrement captées et aspirées. Un phénomène similaire a également été observé avec les purificateurs d'air dans les salles de classe : plus ceux-ci étaient installés loin de la zone de propagation des virus, moins l'air contaminé par les virus avait de chances d'être capté et aspiré.

La ventilation à l'école



Scénario idéal irréaliste :
l'air respiré s'écoule vers
l'avant, en direction du
purificateur d'air



Circulation possible de l'air
dans la salle de classe (par
exemple, lorsque la
fenêtre est ouverte)

Figure 5

Importance pour l'aspiration dans la construction mécanique

C'est précisément cette observation que nous avons également faite lors de la simulation de conditions d'écoulement complexes dans les systèmes d'aspiration des machines-outils modernes. Là aussi, l'aspiration de l'air chargé d'aérosols de liquide de refroidissement et de lubrifiant est très souvent extrêmement inefficace, car le point d'aspiration des épurateurs d'air est beaucoup trop éloigné de la zone d'usinage proprement dite, où les aérosols sont générés.

Épurateurs d'air industriels

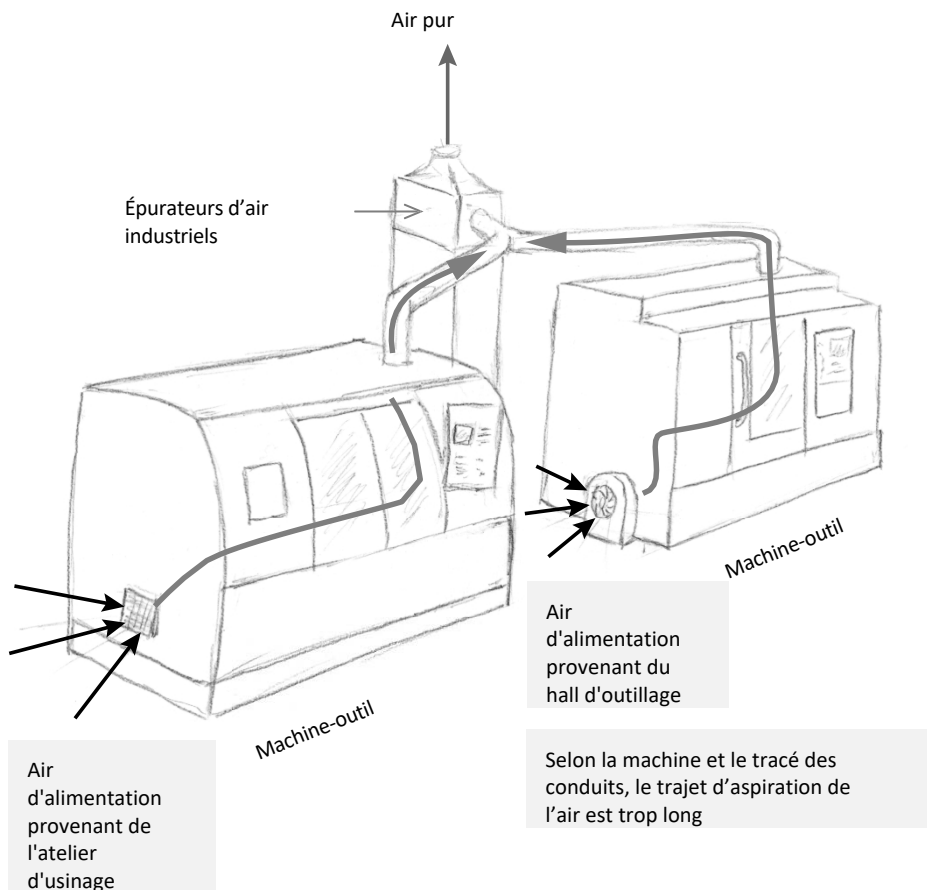


Figure 6

Idée fausse

À un moment donné, les substances nocives parviennent au point d'aspiration.

Dans le domaine de la ventilation et de la purification de l'air, nous sommes régulièrement confrontés à l'idée erronée selon laquelle l'air chargé de polluants, de virus ou d'aérosols finirait tôt ou tard par s'écouler vers la zone où il pourrait alors être capté et aspiré. Or, dans de nombreux cas, ce n'est justement pas ce qui se passe. Les aérosols et autres polluants non captés finissent alors par polluer considérablement l'air ambiant.

1.2. Le soufflage peut faciliter la capture et l'aspiration !

Mais que faire s'il n'est pas possible de rapprocher la zone d'aspiration de la source d'émission des polluants ? Dans ce cas, on peut s'aider de la même manière que pour éteindre la flamme d'une bougie :

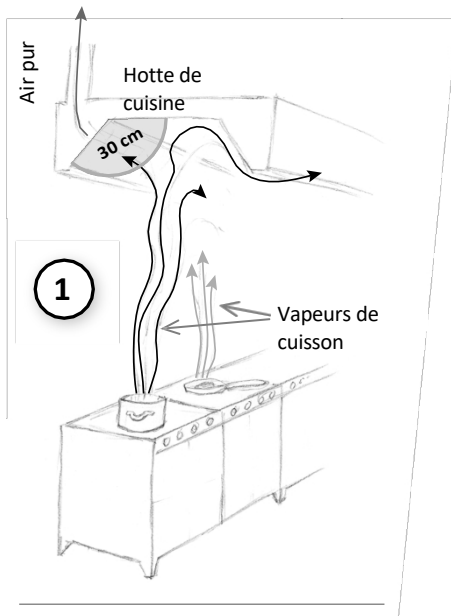
souffler au lieu d'aspirer !

Appliqué à la technique de ventilation, cela signifie que l'air à capter, avec les virus, aérosols et autres polluants qu'il contient, doit être acheminé le plus rapidement possible, à l'aide d'un souffle d'air, vers l'endroit où la puissance d'aspiration des purificateurs d'air, des hottes de cuisine ou des appareils de ventilation est la plus forte, c'est-à-dire directement vers leurs ouvertures d'aspiration.

Flux d'air soufflé pour les cuisines professionnelles

Pour y parvenir, la société REVEN GmbH a développé des hottes de cuisine modernes dotées d'un système à induction intégré. Un flux d'induction garantit de manière fiable que les vapeurs de cuisson s'élevant des appareils de cuisson s'écoulent directement et très rapidement vers la zone de filtration et d'aspiration, où elles peuvent être captées et évacuées.

Ventilation de cuisine



1. Les vapeurs de cuisson ne peuvent être aspirées (captées) que dans un rayon de 30 cm devant le séparateur. En dehors de cette zone, les vapeurs de cuisson peuvent se répandre dans l'air ambiant.

2. Un flux d'induction propulse les vapeurs de cuisson vers le séparateur. L'ensemble des vapeurs de cuisson est ainsi capté.

3. De l'air d'alimentation correctement tempéré est introduit sans perturbation et favorise la captation des vapeurs de cuisson.

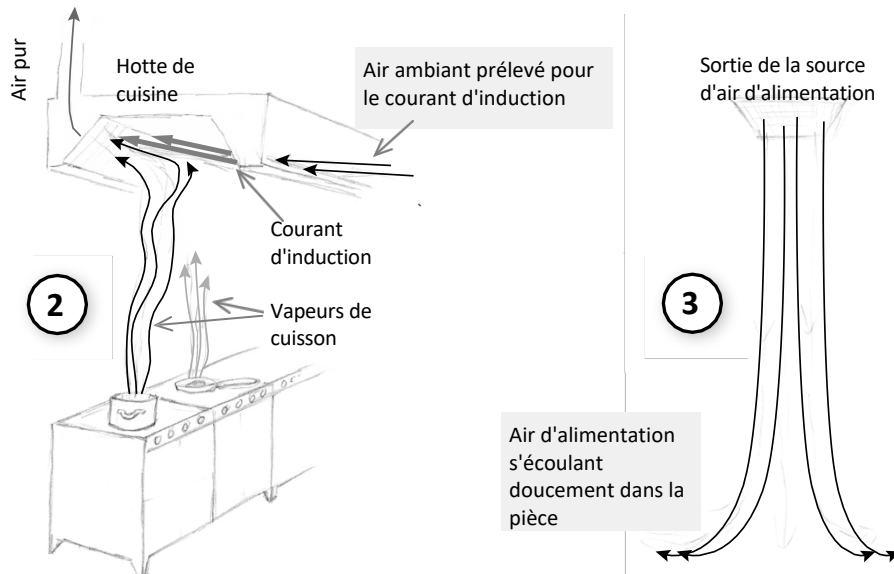


Figure 7

Apport d'air frais supplémentaire

L'aspiration assurée par les hottes de cuisine modernes de ce type peut en outre être optimisée grâce à un apport d'air frais bien pensé.

L'air frais est alors introduit dans la pièce sans à-coups, à l'aide d'un flux d'air de déplacement. Nous garantissons ainsi que la vitesse de l'air frais reste très faible lors de son injection et que les autres flux d'air dans la pièce ne soient pas perturbés. Ce scénario peut également être analysé et visualisé à l'aide de systèmes CFD.

Écoulement de soufflage pour machines-outils

Le même principe peut également s'appliquer aux machines-outils. Dans ce cas, un flux d'air est généré dans la cabine de la machine ; celui-ci s'écoule en direction du purificateur d'air et garantit que les aérosols de refroidissement et de lubrification puissent être efficacement captés et aspirés. L'optimisation de l'aspiration dans les cabines de machines commence souvent par une question simple : Si nous aspirons mille mètres cubes d'air par heure au niveau supérieur d'une machine-outil, par où cet air peut-il alors rentrer dans la cabine ? S'il n'existe aucun moyen d'assurer ce renouvellement d'air, nous obtenons une dépression très importante dans la cabine, mais aucun flux d'air ciblé en direction de la zone de captage du purificateur d'air.

Exemple pratique : dépression

Ainsi, après l'installation de purificateurs d'air sur des meuleuses très bien encapsulées, le problème s'est déjà posé à plusieurs reprises : la porte d'accès à la machine-outil ne pouvait plus s'ouvrir car la dépression dans la cabine était bien trop élevée !

2. Comment filtrer quelque chose ?



Comment filtrer quelque chose ? Au fond, c'est une question aussi simple que celle de l'aspiration efficace expliquée précédemment. Vous vous doutez sans doute que, là encore, la réponse n'est pas si simple.

L'efficacité de nombreux processus en matière de ventilation et de purification de l'air repose sur une captation et une aspiration efficaces, y compris pour éliminer les polluants de l'air. Si, par exemple, dans une salle de classe, l'air contaminé par des virus n'est pas entièrement capté et aspiré, il ne peut pas non plus être purifié de manière fiable. Ce principe s'applique également à un grand atelier de soudage dans une entreprise de construction mécanique. La fumée de soudage libérée contient des polluants et doit être entièrement captée et aspirée. C'est la seule façon de débarrasser efficacement l'air ambiant de toutes ses impuretés.

Une purification de l'air efficace et complète comprend donc trois processus essentiels :

*Captage,
aspiration
,
purification*

La troisième étape – la purification de l'air – est le sujet qui nous intéresse ici. Là encore, il existe quelques idées fausses que je voudrais dissiper. Commençons par la question suivante :

« Comment débarrasser l'air des substances nocives ? »

Les polluants doivent être filtrés hors de l'air, c'est logique ! Telle est la réponse qui vient spontanément à l'esprit. Cependant, les séparateurs s'imposent de plus en plus dans le secteur de la purification de l'air. L'exemple le plus connu en est sans doute les aspirateurs cycloniques de la société internationale Dyson, qui fonctionnent sans filtre.

Cette technologie fonctionne, sur le principe, comme un mini-tornado. L'air est mis en rotation et des tourbillons se forment qui, grâce à leur grande vitesse, éjectent les particules présentes dans l'air. Ce procédé convient également à la séparation des polluants en suspension dans l'air. Cependant, cela donne souvent lieu à des malentendus, car la séparation est souvent confondue avec les filtres.

2.1. Le malentendu concernant la différence entre la filtration et la séparation

Non-tissé

Nous pouvons également expliquer le principe de la filtration à l'aide de l'exemple de l'aspirateur. Des sacs d'aspirateur sont utilisés pour purifier l'air aspiré par l'appareil. Ceux-ci sont souvent constitués de non-tissé. L'air peut traverser ce non-tissé à mailles fines, mais les particules de poussière sont retenues et ainsi séparées du flux d'air.

Filtres à particules en suspension en fibre de verre

C'est ainsi que fonctionne, en substance, tout type de filtration en ventilation, y compris les filtres à particules en suspension de très haute qualité. Cependant, d'autres matériaux filtrants sont utilisés dans ce cas. À la place du non-tissé, on utilise pour ces filtres des nattes en fibre de verre. Ces nattes sont également perméables à l'air, mais leur maillage est beaucoup plus fin que celui des sacs d'aspirateur. Les fibres des filtres à particules en suspension ont un diamètre d'environ 1 à 10 micromètres, soit de 0,001 à 0,01 millimètre. Elles peuvent ainsi filtrer des particules bien plus petites que le non-tissé.

Filtres en treillis métallique

Ce principe de filtration se retrouve également dans de nombreuses hottes de cuisine disponibles dans le commerce pour un usage privé. Ces hottes de cuisine sont souvent équipées de filtres métalliques. Ils sont généralement constitués d'un treillis en aluminium ou en acier inoxydable, dont le principe est similaire à celui du non-tissé ou du tapis en fibre de verre, mais avec une structure nettement plus grossière.

On utilise ici ce filtre métallique relativement grossier car il est nettement plus résistant. Que ce soit dans une cuisine domestique ou professionnelle, les hottes aspirantes ont pour fonction de séparer les aérosols liquides du flux d'air. Il ne s'agit pas ici de filtrer des poussières sèches, comme c'est le cas avec

aspirateur, mais des particules liquides telles que des gouttelettes d'eau et d'huile. Il s'agit là d'une différence majeure et très importante, à laquelle on prête souvent très peu d'attention.

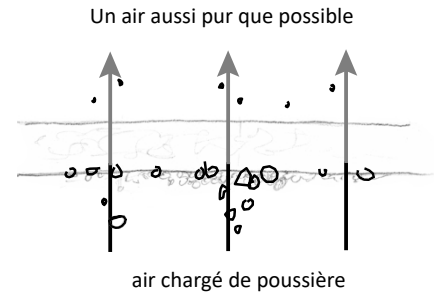
Tout type de filtre collecte et stocke ce qui est séparé du flux d'air. La quantité de substances filtrées dans le filtre augmente donc constamment. Dans le cas d'un sac d'aspirateur, les poussières sèches sont collectées et stockées jusqu'à ce que celui-ci soit entièrement rempli de poussière et doive être remplacé.

Lorsque les matières filtrées du flux d'air sont des gouttelettes de liquide, leur collecte s'avère souvent nettement plus complexe.

Les filtres en treillis métallique retiennent les petites gouttelettes filtrées provenant de différents liquides directement dans le média filtrant. Cette accumulation de liquides divers peut entraîner de graves problèmes !

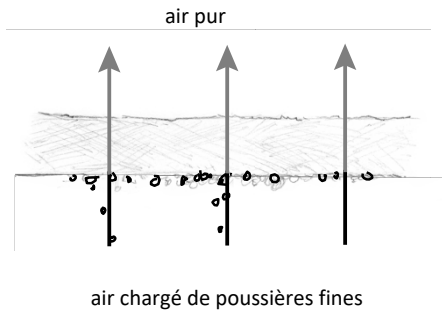
Souvent, la capacité de rétention des filtres en treillis métallique est très faible. Cela signifie que ces filtres peuvent s'obstruer même avec de faibles quantités de liquide retenu. C'est pourquoi ils sont généralement conçus avec des mailles assez larges. Ainsi, ils ne s'obstruent certes plus, mais de nombreuses particules plus fines traversent alors le filtre avec le flux d'air et ne sont pas séparées du flux d'air.

Différents types de filtres



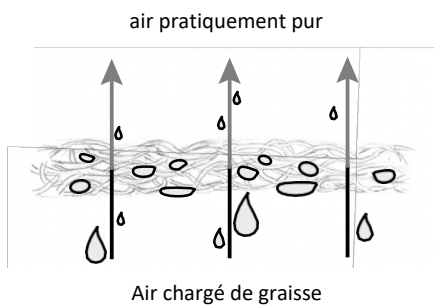
Filtres en non-tissé

Le non-tissé (par exemple, les sacs d'aspirateur) retient la poussière contenue dans l'air qui le traverse. Les particules de poussière les plus fines peuvent toutefois passer à travers le non-tissé.



Filtre en fibre de verre

La fibre de verre est plus fine qu'un non-tissé et peut filtrer, c'est-à-dire retenir, même les particules de poussière les plus infimes, de l'ordre du nanomètre.



Filtre métallique

Dans le domaine de la cuisine, un treillis métallique sert avant tout à filtrer les particules de graisse. Selon leur taille, les gouttes restent coincées dans le treillis. Les gouttelettes les plus fines peuvent toutefois passer à travers.

Figure 8

Risque de formation de germes

Dans les entreprises agroalimentaires ainsi que dans le secteur industriel, le stockage de liquides dans des filtres peut également entraîner des problèmes d'hygiène. À des températures avoisinant les 20 degrés Celsius, les germes peuvent se multiplier très rapidement dans les filtres en présence d'humidité. C'est pourquoi il n'est souvent pas conseillé de stocker et de collecter les liquides pendant une période prolongée, et il est vivement recommandé de nettoyer ou de remplacer régulièrement les filtres.

Risque d'incendie

Si les substances filtrées sont de l'huile ou de la graisse, le liquide stocké dans le filtre représente une charge calorifique croissante ! Un fait souvent oublié.

Exemple tiré de l'histoire de l'entreprise

Je me souviens encore très bien d'une grande réunion chez un fabricant d'outillage présent à l'échelle mondiale. Les collaborateurs m'ont fait visiter leur site de production équipé de centaines de meuleuses. Les installations de dépollution de l'air dans la zone de production étaient équipées de grands filtres à particules en suspension pouvant stocker jusqu'à 100 litres de liquide. Le problème : le liquide stocké était un liquide de refroidissement et de lubrification très fluide et hautement inflammable. Avec 50 filtres en service, cela peut représenter jusqu'à 5 000 litres de liquide stocké ! Lors de cette visite, lorsque j'ai interrogé les employés de l'entreprise sur les mesures de sécurité incendie mises en place pour ces 50 installations de purification de l'air et sur les concepts de protection correspondants, j'ai vu défiler des visages effrayés.

Mes questions et mes réflexions concernant les filtres utilisés dans le traitement de l'air ne sont en aucun cas de simples spéculations théoriques, mais se rapportent à des dangers concrets ; malheureusement, des incendies tragiques se sont déjà produits parce que la problématique de la charge calorifique n'avait pas été suffisamment prise en compte.

Exemple pratique : incendie dans le secteur de la construction mécanique

C'est ainsi qu'en 200d, dans le sud de l'Allemagne, un incendie dévastateur s'est déclaré dans une entreprise de construction mécanique équipée d'un système d'aspiration similaire à celui décrit précédemment. Les dégâts causés par l'incendie se sont élevés à plusieurs dizaines de millions. Des halls de production et des installations couvrant plus de 3 000 mètres carrés ont été entièrement détruits. L'origine présumée de l'incendie était une machine-outil défectueuse. La propagation rapide du feu via le réseau de conduits de ventilation a fait le reste.

Exemple concret : incendie dans un complexe hôtelier

Une catastrophe similaire s'est produite en 1980 dans un grand hôtel de 2 000 chambres à Las Vegas. Au moment de l'accident, environ 5 000 personnes se trouvaient dans le complexe hôtelier. L'incendie a pris naissance dans un restaurant de l'hôtel et s'est propagé à une vitesse fulgurante à l'ensemble du complexe immobilier. 85 personnes ont perdu la vie. Cet événement tragique est encore considéré aujourd'hui comme l'un des incendies d'hôtel les plus catastrophiques de l'histoire moderne des États-Unis.

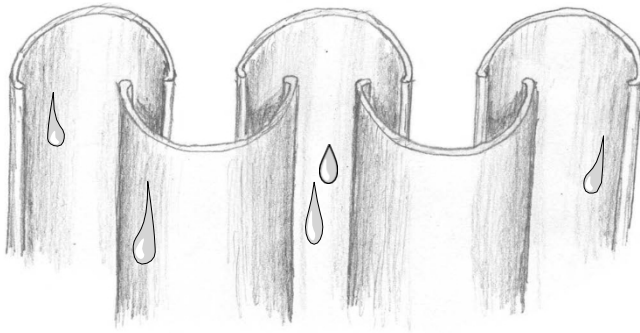
De telles catastrophes ont finalement conduit à l'abandon des filtres en treillis métallique décrits précédemment dans de nombreux secteurs professionnels. Dans le domaine de la ventilation des cuisines professionnelles, ils sont même interdits depuis des années dans de nombreux pays. Ainsi, en Amérique du Nord et dans la plupart des pays européens, les filtres métalliques à accumulation de ce type ne peuvent plus être utilisés dans les nouvelles cuisines à usage professionnel en raison du risque accru d'incendie.

Invention des séparateurs à déflecteurs

Après l'incendie catastrophique d'un hôtel à Las Vegas, des alternatives aux filtres en treillis métallique ont été développées aux États-Unis : les séparateurs à déflecteurs. Ce type de séparateur est constitué de tôles en acier inoxydable. Lors de son passage, l'air est dévié au moins deux fois

. La différence par rapport aux filtres traditionnels en treillis métallique réside dans le fait que ces séparateurs en tôles d'acier inoxydable ne retiennent pas de liquide.

Séparateurs à défecteurs



Les fluides tels que l'huile et l'eau sont séparés au niveau des défecteurs et s'écoulent, dans l'idéal, vers le bas le long des tôles.

Figure 9

Idée fausse

Différences de fonctionnement entre les filtres et les séparateurs

Comme nous l'avons vu, les filtres et les séparateurs fonctionnent différemment. Mais ce sont précisément ces différences qui sont à l'origine de malentendus. Souvent, les caractéristiques, les modes de fonctionnement ainsi que les données relatives à l'efficacité sont mis dans le même panier. Parfois, on ne prend même pas la peine de bien distinguer et différencier ces termes !

Dans le domaine de la ventilation et de la purification de l'air, il existe donc non seulement des malentendus concernant la différence entre filtration et séparation, mais aussi concernant le fonctionnement et l'efficacité des séparateurs en tôle métallique.

Pour mettre en évidence ces différences, nous devons tout d'abord examiner certains phénomènes météorologiques présents dans la nature et leur application dans les technologies de purification de l'air.

2.2. Les cyclones peuvent contribuer à la purification de l'air !

Cela peut vous surprendre, mais c'est bien le cas. Les tempêtes tourbillonnaires telles que les ouragans, les typhons, les tornades et les cyclones tropicaux ont servi de modèles en matière de dynamique des fluides pour le développement des séparateurs modernes en tôle métallique.

Les premiers séparateurs mis au point après le grand incendie d'un hôtel aux États-Unis étaient de simples séparateurs à déflecteurs. Deux tôles d'acier inoxydable semi-circulaires, pliées en forme de U, sont disposées en vis-à-vis de manière décalée. Le flux d'air est dévié deux fois lors de son passage à travers le séparateur : la première fois lorsqu'il heurte la première demi-coque, et la deuxième fois lorsqu'il heurte la deuxième demi-coque.

Principe de fonctionnement d'un séparateur à déflecteurs

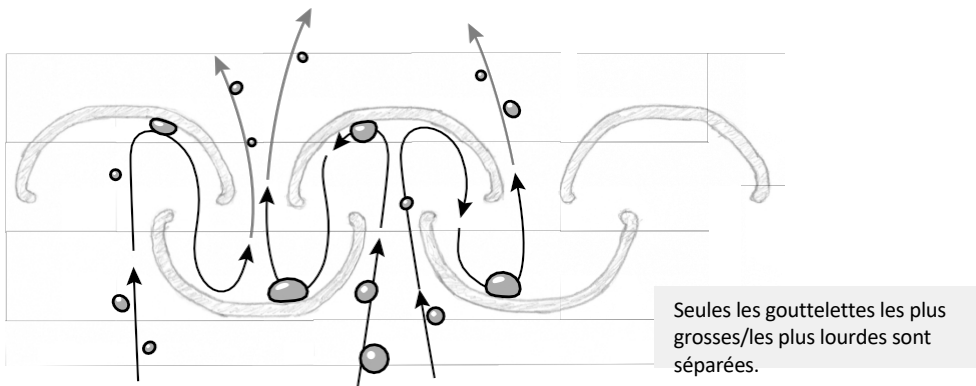


Figure 10

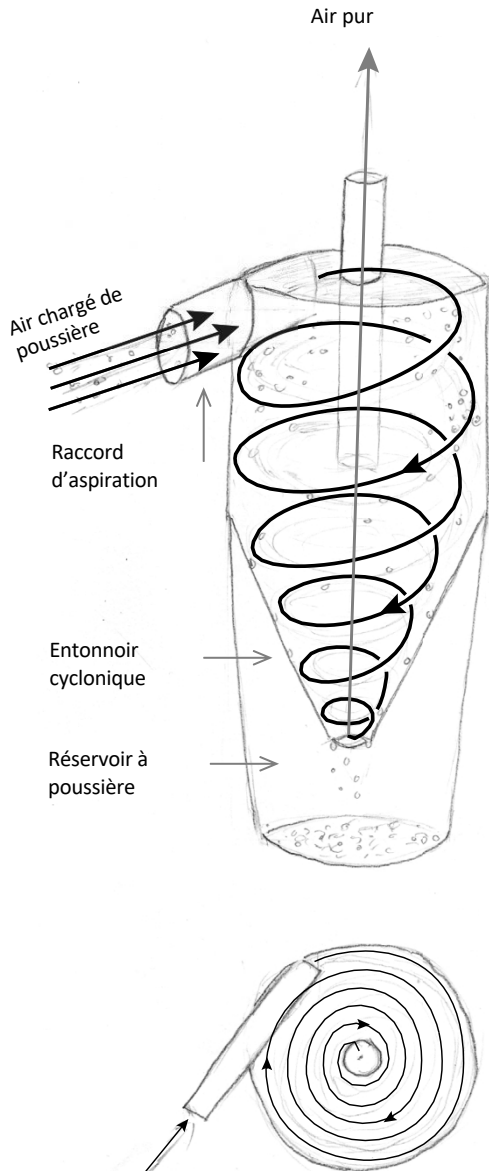
Les demi-coques en forme de U sont soit formées selon un rayon, soit pliées à un angle de 90 degrés. Dans les deux cas, l'efficacité de séparation est toutefois très faible, car seules les grosses gouttelettes en suspension dans l'air sont séparées du flux d'air. Le flux d'air

dans un séparateur simple de ce type est très turbulent et seules les très grosses gouttelettes, dotées d'un poids relativement élevé et d'une grande inertie, peuvent être séparées lors de l'impact et de la déviation du flux d'air. Les gouttelettes en suspension plus petites, de poids moindre, franchissent ces déviations avec le flux d'air et ne sont donc pas séparées. Le seul avantage de ces séparateurs simples à chicane résidait dans le fait qu'ils ne stockaient pas de liquide ; leur efficacité pour séparer les particules du flux d'air était toutefois très faible.

Les cyclones tropicaux comme modèle

Ce n'est que lorsque les fabricants de séparateurs se sont inspirés de la nature et ont tiré les leçons des cyclones tropicaux qu'ils ont réussi à remédier à cet inconvénient. L'exemple le plus connu est celui de la société Dyson, mentionnée précédemment, avec ses aspirateurs cycloniques. Une technologie qui fonctionne sans filtre et qui, en principe, agit comme un mini-cyclone. À l'instar d'un cyclone, l'air est entraîné dans un flux rotatif à très grande vitesse. Or, plus la vitesse de rotation est élevée, plus les particules pouvant être éjectées par le flux d'air et ainsi séparées sont petites.

Principe de fonctionnement d'un aspirateur cyclonique



La forme conique de l'entonnoir cyclonique imprime un mouvement en spirale à l'air aspiré.

Sous l'effet de la force centrifuge, les particules de poussière sont projetées contre la paroi.

Les particules de poussière sont captées dans un bac à poussière.

Spirale cyclonique vue de dessus

Il a bien sûr fallu beaucoup de travaux de recherche et de développement pour acquérir le savoir-faire permettant de générer de tels tourbillons artificiels à petite échelle dans les aspirateurs, les hottes de cuisine et les purificateurs d'air. Cela ne peut certainement pas être réalisé avec de simples déflecteurs courbés. La simulation numérique des écoulements, ou simulation CFD (Computational Fluid Dynamics), est également utilisée pour le développement et l'optimisation de la technologie cyclonique. Cette simulation permet de visualiser les écoulements d'air les plus divers. Cependant, cela ne suffit pas pour optimiser les technologies de séparation. Là encore, des malentendus sont fréquents dans les domaines de la ventilation et de la purification de l'air !

Idée fausse

L'optimisation de l'écoulement d'air suffit !

Dans de nombreux cas, la technique de ventilation se concentre uniquement sur l'écoulement de l'air. Il s'agit par exemple de déterminer comment apporter de l'air frais dans une grande salle de concert de la manière la plus confortable possible, sans que les spectateurs ne ressentent de courants d'air désagréables ou de froid. De plus, cet apport d'air doit s'effectuer de manière totalement silencieuse.

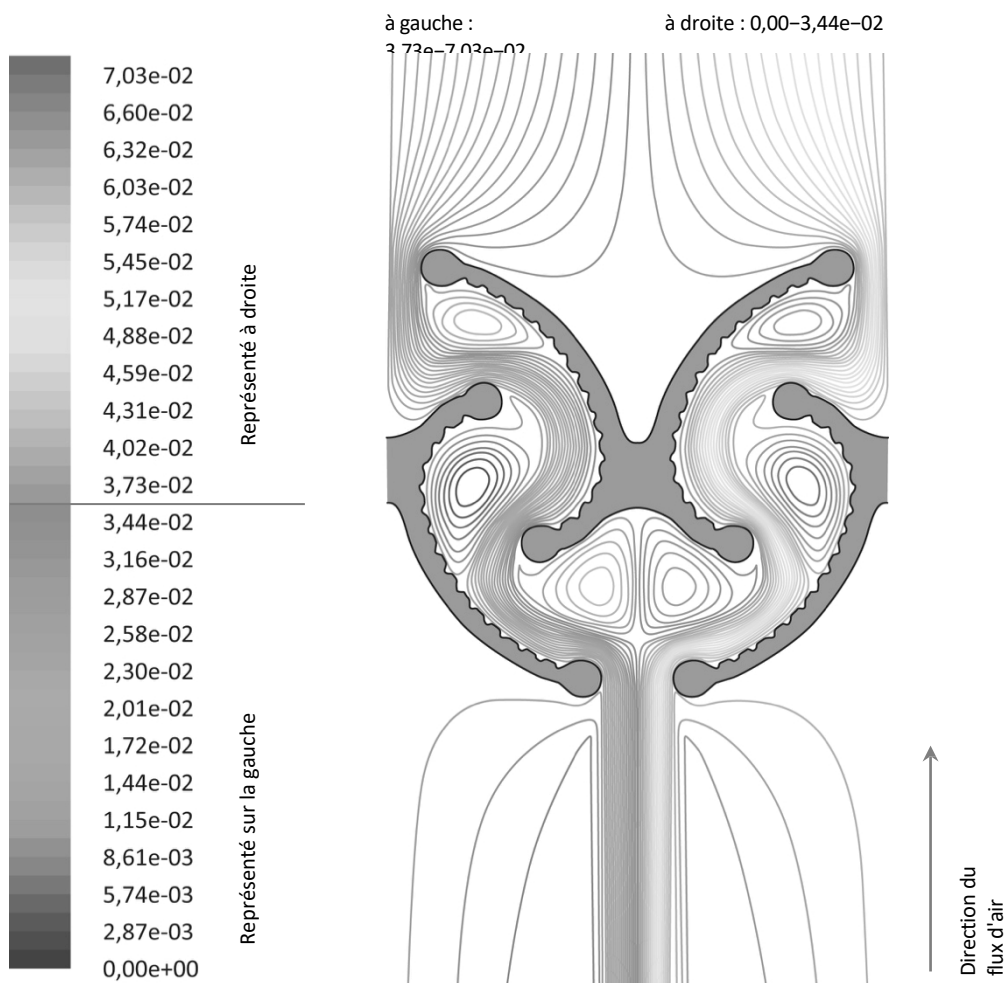
Cependant, l'optimisation des filtres et des séparateurs dans le domaine de la purification de l'air ne se limite pas au flux d'air et à l'analyse de son tracé et de sa vitesse. La véritable mission de la purification de l'air consiste à séparer les particules en suspension du flux d'air par filtration ou par séparation. Pour simplifier, les filtres fonctionnent comme un tamis et les séparateurs comme des tourbillons. Si l'on souhaite optimiser le fonctionnement des séparateurs, il faut parvenir à créer de petits tourbillons à l'intérieur de ceux-ci. Ce n'est qu'alors que les particules sont éjectées du flux d'air et peuvent être séparées.

Analyse des trajectoires des particules

Aujourd'hui, il est également possible d'étudier et de visualiser le flux des particules à l'aide de systèmes CFD. On ne se contente donc plus d'observer les flux d'air, mais on examine également le comportement des particules ou des aérosols qu'ils entraînent.

Les aérosols plus petits, et donc plus légers, suivent-ils le même trajet que le flux d'air ? La visualisation des différentes trajectoires des aérosols constitue une étude CFD très intéressante. Le tracé de ces trajectoires dépend de la taille des particules. Grâce à des analyses CFD de très haute qualité, il est désormais même possible de déterminer à quel endroit, dans un séparateur, un aérosol est séparé du flux d'air ! Lors du perfectionnement de nos séparateurs, nous avons été plus d'une fois surpris et émerveillés par les résultats d'une telle analyse.

Analyse CFD d'un séparateur X-CYCLONE®



Comportement d'écoulement de particules de tailles différentes (kg/s)
Les différentes tailles de particules sont représentées par différentes nuances de gris.

Figure 12

Exemple tiré de l'histoire de l'entreprise

Nous aussi, lors du développement de nos séparateurs, nous pensions bien trop souvent savoir à l'avance comment le flux d'air allait se comporter et ce qu'il adviendrait de toutes les particules en suspension dans l'air – c'est-à-dire où celles-ci seraient éjectées. Pour valider notre hypothèse, nous avons réalisé des analyses CFD. Les résultats présentés étaient souvent totalement différents de ce à quoi nous nous attendions.

Je me souviens encore d'une étude au cours de laquelle nous étions tous convaincus à 100 % que, dans un séparateur que nous venions de mettre au point, de petits tourbillons à forte rotation se formeraient très rapidement et éjecteraient les particules en suspension dans l'air avec une très grande efficacité. Nous avons fièrement baptisé ce prototype nouvellement développé « X-CYCLONE® ».

Le X fait référence à la géométrie du séparateur. Nous ne l'avons plus construit à partir de deux tôles simplement cintrées en forme de U, mais avons donné aux profilés du séparateur une géométrie bien plus complexe. Au début, nous ne pouvions les réaliser qu'à l'aide de profilés extrudés en aluminium. Leurs surfaces ressemblaient à des versions miniatures d'ailes d'avion, que nous avons disposées selon une géométrie en X. Vous l'aurez sans doute deviné, la deuxième partie du nom de notre nouvelle invention fait référence aux cyclones tropicaux – dont l'orthographe anglaise est CYCLONE.

L'analyse CFD du nouveau prototype de séparateur était moins une analyse qu'une confirmation que nous souhaitions tout de même réaliser par mesure de sécurité, malgré l'important investissement que cela représentait. Nous connaissions de toute façon le résultat. C'est du moins ce que nous pensions...

Une analyse CFD est en effet très complexe. Comme expliqué précédemment, cette étude examine non seulement le comportement du flux d'air, mais aussi celui des particules en suspension dans l'air. Pour pouvoir mener cette étude, il faut disposer d'un modèle tridimensionnel

du séparateur. « Pas de problème », pensais-je moi aussi il y a quelques années, « nous avons tout ce qu'il faut, sinon nous ne pourrions pas le produire ». Mais moi aussi, j'étais tombé dans un malentendu !

Malentendu

Pour une simulation CFD, un modèle tridimensionnel du séparateur suffit.

Le modèle spatial en trois dimensions

En effet, pour cette étude, nous avons besoin non seulement du modèle tridimensionnel de notre séparateur, c'est-à-dire des profilés en aluminium, mais aussi d'un modèle de l'espace traversé par l'air. C'est en fait tout à fait logique ! Lorsque l'on analyse l'écoulement d'air dans un conduit de ventilation circulaire, on examine en effet l'espace cylindrique à l'intérieur du conduit et non la tôle qui le compose. Cela n'a toutefois pas facilité notre tâche. La géométrie de notre nouveau profilé en aluminium X-CYCLONE® étant déjà très complexe, l'espace traversé par l'air l'était d'autant plus. Or, c'est précisément cet espace qu'il faut modéliser pour l'étude CFD.

Le maillage (réseau de calcul)

À ce procédé déjà complexe en soi s'ajoute la difficulté supplémentaire de devoir recouvrir l'espace traversé par l'air d'un maillage de calcul. On utilise souvent le terme anglais « mesh » pour désigner ce maillage. La manière dont ce maillage est disposé dans cet espace traversé par l'air a, à son tour, une influence considérable sur la qualité de l'analyse CFD. Cependant, si l'on s'y prend avec beaucoup de soin, on obtient des analyses très détaillées de l'écoulement, tant de l'air que des particules, même si les résultats peuvent parfois s'avérer extrêmement frustrants !

Analyse CFD d'un séparateur X-CYCLONE®

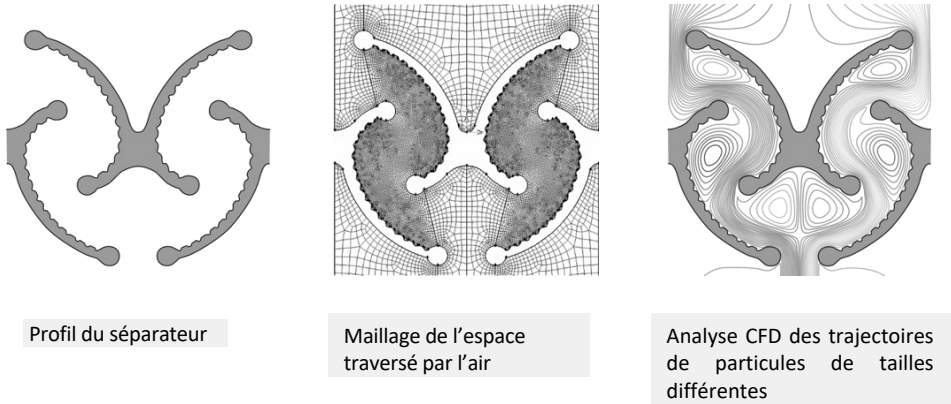


Figure 13

Un résultat décevant

Tous les débuts sont difficiles : l'air s'écoule différemment de ce que nous avons imaginé ! Pour nos premiers prototypes X-CYCLONE®, l'analyse CFD a donné des résultats très décevants. Dans la zone traversée par le flux d'air, où nous étions fermement convaincus que de petits cyclones se formeraient pour ensuite projeter les particules à une vitesse de rotation supérieure à 10 mètres par seconde, il ne s'est rien passé de tout cela ! Je m'en souviens encore comme si c'était hier. L'analyse CFD montrait clairement une zone vide dont la forme rappelait une goutte d'environ un centimètre.

La cause

Comme la géométrie en X de notre profil présentait une courbure bien trop importante, le flux d'air ne pouvait pas suivre cette géométrie et il s'est formé une zone non traversée par l'air, sans parler de la formation de cyclones qui auraient assuré la séparation ! Même les professionnels de la ventilation ne peuvent pas toujours évaluer correctement à l'avance le comportement du flux d'air.

L'optimisation

Pour notre projet de développement de l'époque visant à optimiser la séparation X-CYCLONE®, cela signifiait repartir de zéro et revoir la géométrie de nos séparateurs. Il s'agit en fait d'un processus sans fin de développement et d'amélioration continus. Finalement, nous avons réussi à développer des produits dotés d'une technologie similaire à celle de Dyson et à les utiliser dans les domaines de la ventilation et du traitement de l'air selon des normes industrielles.

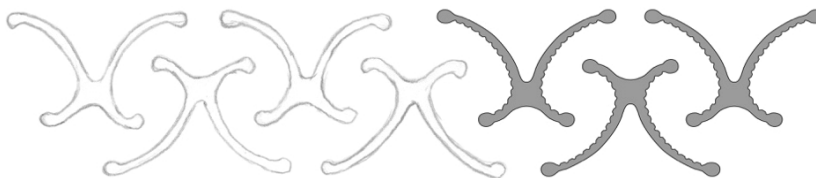
Développement de la géométrie des séparateurs



Séparateurs à déflecteurs avec profilés en forme de U



Prototype du séparateur X-CYCLONE®
avec des profils en X inspirés des ailes d'avion



Séparateur X-CYCLONE® avec des profils à géométrie en X optimisée
pour un guidage optimal du flux d'air (voir fig. 15)

Le succès fulgurant de nos séparateurs

Les séparateurs X-CYCLONE® que nous avons développés se sont désormais imposés dans les secteurs les plus divers.

Sur les plateformes de forage, dans les entreprises de finition textile, dans les usines de fabrication de lait en poudre, dans les ateliers de peinture de l'industrie automobile, dans l'industrie agroalimentaire, dans les cuisines industrielles, dans la construction mécanique, et même dans les installations de fabrication de plaquettes de silicium pour la microélectronique, les « tourbillons cycloniques » de nos séparateurs à profils en X assurent désormais un traitement de l'air hautement efficace.

Principe de fonctionnement d'un séparateur X-CYCLONE®



Figure 15

3. Comment éliminer les vapeurs et les odeurs être éliminés ?



L'élimination des vapeurs et des odeurs est une tâche très complexe dans le domaine de la ventilation et du traitement de l'air. On pourrait en effet penser qu'après avoir été capté, séparé et purifié, l'air devrait en réalité être propre et qu'aucune odeur ne devrait donc plus être perceptible. Toutes les particules, tous les aérosols et tous les polluants ont été éliminés : qu'est-ce qui pourrait donc encore être à l'origine de nuisances olfactives ?

Idée fausse

Il n'y a pas de nuisance olfactive dans un air exempt d'aérosols, de particules et de polluants.

Malheureusement, il s'agit là encore d'un malentendu courant dans le domaine de la ventilation et de la purification de l'air, qui fera l'objet de ce chapitre. Permettez-moi de l'illustrer à l'aide d'un exemple pratique simple.

Exemple pratique : faire le plein

Nous sommes nombreux à nous être déjà rendus en voiture à la station-service pour faire le plein. La plupart d'entre nous ont certainement déjà senti l'odeur de l'essence ou du diesel.

Odeur d'essence lors du ravitaillement



Illustration 16

Mais pourquoi sentons-nous l'essence lors du ravitaillement, alors qu'il n'y a généralement pas d'éclaboussures de carburant ni d'aérosols dans l'air ? Cela devient très clair lorsque l'on souhaite remplir son réservoir à ras bord et qu'il faut veiller à ce que rien ne déborde. En vérifiant à quel moment le niveau de carburant devient visible dans le goulot, le nez se trouve tout près de celui-ci et l'on sent intensément l'odeur du carburant, même sans qu'il y ait de débordement.

Si l'on effectuait une mesure des particules à proximité immédiate du goulot, aucune trace d'aérosols ou de particules de carburant ne serait détectée dans l'air autour du goulot de remplissage. Mais alors, pourquoi sent-on quand même le carburant lors du ravitaillement ? Nous y répondrons ci-après.

3.1. Le malentendu concernant la différence entre les vapeurs et les aérosols

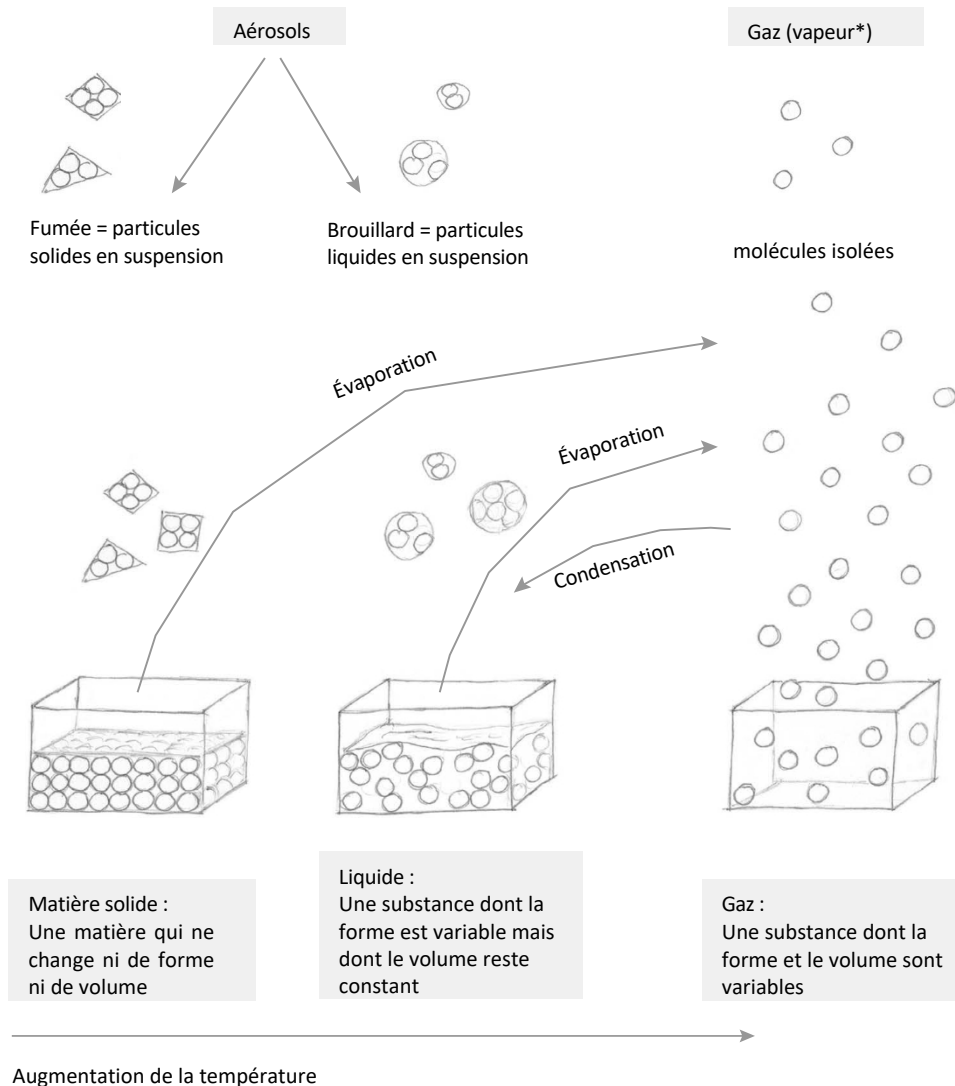
Pourquoi sent-on le carburant lors du ravitaillement, alors qu'on ne voit rien dans l'air ? Ce que l'on sent, c'est du carburant évaporé. Le Super Plus, en particulier, est très volatil. Cela signifie qu'il s'évapore déjà à des températures relativement basses. Cette vapeur, ou plus exactement ce gaz, s'échappe du goulot de remplissage et est à l'origine de l'odeur.

Idée fausse

L'air sans aérosols est propre.

Cet exemple simple illustre de manière très frappante que l'air exempt d'aérosols est loin d'être nécessairement propre et peut continuer à constituer une nuisance pour l'environnement. La pollution atmosphérique due aux liquides évaporés est un problème qui donne également beaucoup de fil à retordre aux organismes professionnels de prévention des accidents du travail.

Différence entre les aérosols et le gaz



* En général, on entend par « vapeur » les gouttelettes présentes dans l'air, comme les volutes de vapeur qui se forment lors de la cuisson. D'un point de vue scientifique, la vapeur désigne toutefois l'état gazeux d'une substance (résultant de l'évaporation, de l'ébullition ou de la sublimation).

Figure 17

Exemple pratique issu du génie mécanique

Je me souviens encore très bien de la visite que j'ai effectuée avec notre partenaire commercial bavarois à l'association professionnelle chargée de la sécurité au travail dans le secteur de la construction mécanique en Bavière. On nous y a présenté des études accompagnées de résultats de mesures portant sur la pollution de l'air par les liquides de refroidissement et les lubrifiants utilisés sur les machines-outils. Les résultats montraient exactement le même phénomène que dans l'exemple de la station-service ci-dessus. L'analyse de l'air autour de la machine-outil a montré qu'il n'y avait pratiquement aucune pollution atmosphérique due aux aérosols et que toutes les valeurs limites étaient respectées. C'est du moins ce que l'on pensait.

Lorsque les spécialistes de la caisse d'assurance accidents du travail ont ensuite examiné la proportion de liquides de refroidissement et de lubrifiants évaporés provenant de différentes machines-outils, ils ont constaté la présence de quantités considérables de ces substances dans l'air – avec, dans certains cas, des concentrations pouvant atteindre 100 milligrammes de vapeurs de liquides de refroidissement et de lubrifiants par mètre cube d'air ambiant. Les valeurs limites en vigueur étaient ainsi dépassées de dix fois ! Comment cela a-t-il pu se produire ?

Les premiers effets d'évaporation se produisent en raison d'une pression très élevée à l'intérieur des machines, où les liquides de refroidissement et les lubrifiants sont pulvérisés très finement par des buses. De plus, une grande quantité de liquide s'évapore sous l'effet des températures élevées atteintes par les outils qui usinent le métal. Ce qui est souvent sous-estimé dans ce contexte, c'est le courant d'air constant généré par les filtres à air des machines-outils.

Vapeurs de liquide de refroidissement dans une machine-outil

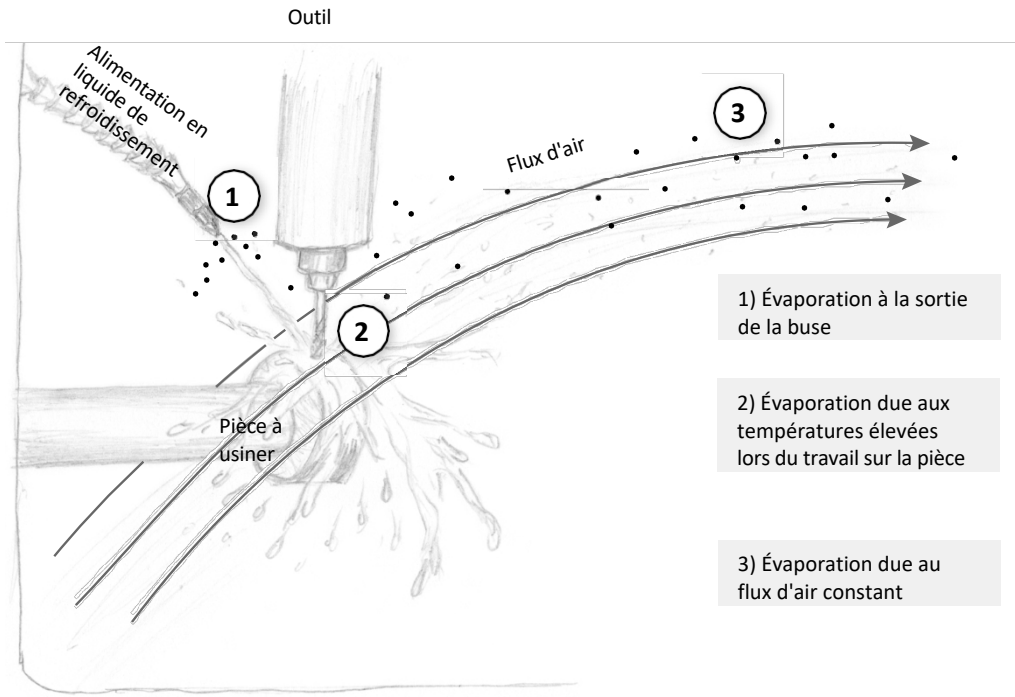


Figure 18

Rappelez-vous ce que nous avons constaté au chapitre 1 : pour capter et aspirer les émanations, nous avons besoin d'un débit d'air d'évacuation élevé et d'un flux d'air dirigé vers la zone de captage. Ce flux d'air peut tout à fait être comparé au vent qui souffle à la surface d'un grand lac. Ce simple flux d'air suffit à faire s'évaporer l'eau, qui est alors absorbée sous forme d'humidité et évacuée avec le flux d'air. On observe des effets similaires dans une machine-outil ou lors d'un ravitaillement en carburant. De cette manière, d'immenses quantités de liquide sont transportées sous forme de vapeur avec l'air. Ces vapeurs peuvent entraîner des risques sanitaires considérables et des nuisances olfactives.

Exemple : l'industrie agroalimentaire

On observe le même phénomène dans l'industrie agroalimentaire et les cuisines professionnelles. Sur toutes les installations et tous les appareils de cuisson fonctionnant à haute température, des liquides s'évaporent. Les procédés typiques sont la cuisson au four, le rôtissage et la friture. Dans ces cas-là, les températures varient généralement entre 140 et 190 degrés Celsius. Les huiles et les graisses s'évaporent alors partiellement et sont captées puis aspirées par des systèmes de ventilation.

Exemple pratique : les installations de friture

Dans l'industrie agroalimentaire, nous avons déjà pu admirer des installations de friture de chips de pommes de terre dont les dimensions correspondaient à celles d'une grande baignoire. Dans cette cuve, des centaines de milliers de chips de pommes de terre sont frites chaque jour, ce qui libère d'immenses quantités de vapeur. Ces vapeurs se composent en grande partie d'huile évaporée provenant de la graisse de friture et d'eau évaporée qui était encore contenue dans les chips de pomme de terre avant la friture. Là encore, nous avons constaté le phénomène décrit précédemment : lors de l'analyse de l'air évacué du processus par une mesure des particules, aucune pollution de l'air n'a pu être détectée ; l'air semblait propre et à peine pollué. Pourtant, on pouvait déjà constater à l'œil nu que l'air évacué issu de ce processus de transformation ne pouvait pas être propre, car il ressemblait au nuage de vapeur d'une vieille locomotive à vapeur. De même que dans la station-service, une odeur intense était perceptible. Celle-ci était certes plus agréable que lors du ravitaillement, mais elle indiquait néanmoins très clairement la présence de polluants atmosphériques.

Exemple : cuisine domestique

Vous pouvez observer un phénomène similaire chez vous, dans votre cuisine, lorsque vous faites cuire un steak à haute température, par exemple. Il peut certes y avoir quelques éclaboussures d'huile pouvant être classées comme aérosols, mais ce qui s'élève au-dessus de votre cuisinière et est capté puis aspiré par votre hotte est principalement de l'air contenant des huiles et de l'eau évaporées. Les gouttes, les aérosols et les éclaboussures ne représentent qu'une infime partie de ce flux.

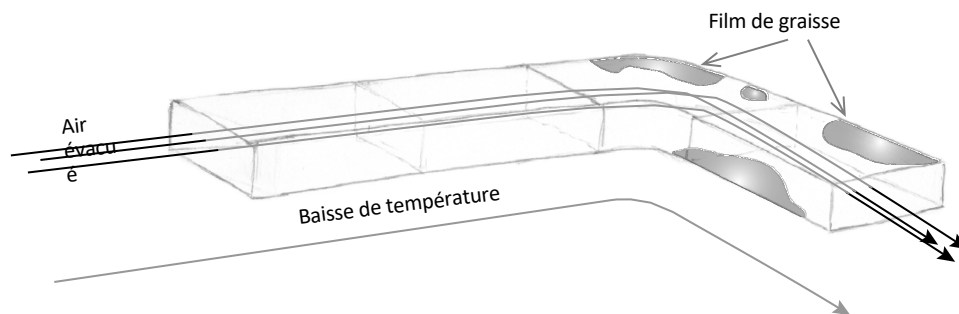
Condensation des liquides évaporés

Dans l'industrie et dans les cuisines professionnelles, ces liquides évaporés posent de gros problèmes dans l'air évacué des processus. En effet, ces vapeurs ne provoquent pas seulement des nuisances olfactives, elles peuvent bien sûr aussi se recondenser lorsque l'air évacué se refroidit suffisamment. Le liquide évaporé repasse alors de l'état gazeux à l'état liquide. Ce phénomène s'observe surtout dans les grandes entreprises industrielles et les grands hôtels. Pourquoi ? Parce que, dans les grands bâtiments, les conduits d'évacuation d'air sont très souvent longs.

Problèmes d'hygiène et risque d'incendie liés aux longs conduits d'évacuation d'air

Qu'il s'agisse d'un processus de cuisson dans une grande cuisine d'hôtel ou d'un processus de transformation dans une usine industrielle, l'air capté et aspiré directement au niveau du processus doit ensuite être acheminé sur une très longue distance à travers le conduit d'évacuation d'air, jusqu'à ce qu'il quitte finalement le bâtiment et soit expulsé à l'aide de grands appareils de ventilation. Au cours de ce long trajet à travers le conduit de ventilation, souvent constitué de segments rectangulaires en tôle, l'air se refroidit. Le liquide évaporé se condense alors et se dépose dans les conduits d'évacuation d'air et dans l'appareil de ventilation. Ces dépôts constituent non seulement un problème d'hygiène, mais représentent également un risque d'incendie.

Les longs conduits d'évacuation d'air et leurs dangers



En se dirigeant vers l'extérieur, l'air continue de se refroidir. Les vapeurs se condensent alors et forment, à l'intérieur du conduit d'évacuation, des films d'eau et de graisse – un terrain propice au développement des micro-organismes et une source potentielle d'incendie.

Figure 19

Les normes européennes exigent la prise en compte des vapeurs et de leur condensation

Un air exempt d'aérosols et de particules n'est donc pas nécessairement propre. Ce que l'on perçoit souvent comme une nuisance olfactive est le plus souvent constitué de vapeurs. C'est pourquoi des normes européennes telles que la DIN EN 16282 exigent qu'outre la purification de l'air dans les cuisines professionnelles à l'aide de filtres et de séparateurs, il faille également tenir compte des liquides évaporés et de leur condensation ! Pour cela, il est nécessaire de mesurer et d'analyser ces concentrations, qui peuvent parfois être très élevées.

3.2. Les appareils de mesure FID peuvent être utiles pour analyser la pollution de l'air !

Les appareils de mesure FID permettent d'obtenir une indication de la quantité de liquide évaporé présente dans l'air. FID est l'abréviation de « détecteur à ionisation de flamme ». Un appareil de mesure FID permet de déterminer la quantité de composés organiques volatils (COV) présents sous forme de vapeur. Dans le langage courant, on parle souvent de « C total » dans l'air évacué ; cela désigne les hydrocarbures sous forme de vapeur présents dans l'air. Si nous voulons par exemple savoir quelle quantité de carburant évaporé nous monte au nez lors d'un plein, un tel appareil de mesure serait l'équipement idéal. Les appareils de mesure FID sont tout aussi utiles pour l'analyse des liquides de refroidissement et des lubrifiants évaporés dans l'industrie manufacturière ou sur les installations de production alimentaire.

Mesure de la quantité de particules et de vapeurs

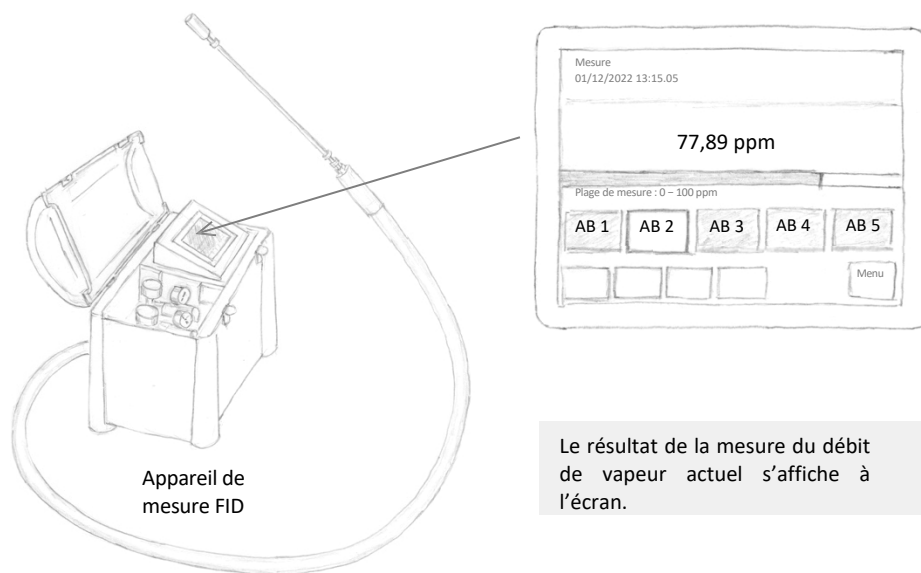


Figure 20

Analyse de la pollution atmosphérique

Si l'on analyse l'air évacué issu des procédés mentionnés ci-dessus, la charge réelle résulte généralement de la somme des aérosols et des vapeurs en suspension dans l'air. Le résultat d'une telle analyse globale montre souvent qu'un mètre cube d'air ambiant contient 80 milligrammes de vapeur et seulement 20 milligrammes d'aérosols. Appliqué à cet exemple, cela signifierait que nous aurions au total 100 milligrammes de polluants dans un mètre cube d'air ambiant. Que cette charge provienne d'un liquide de refroidissement et de lubrification dans une usine de construction mécanique, d'huile de friture dans la production alimentaire ou d'une cuisine d'hôtel, nous pouvons pour l'instant faire abstraction de cette distinction, car la problématique et la tâche à accomplir sont dans un premier temps les mêmes : nous devons nous occuper des deux.

Malentendu

Il n'est pas nécessaire de mesurer les liquides évaporés.

Nous devons nous préoccuper aussi bien des liquides évaporés que des aérosols en suspension dans l'air issus de ces liquides. Une erreur fréquente dans le domaine de la ventilation et de la qualité de l'air consiste à ne pas mesurer ni analyser ces polluants atmosphériques. Si des mesures sont effectuées, elles portent au mieux sur la concentration en particules des aérosols. Il est pratiquement rare que les deux, vapeurs et aérosols, soient analysés. C'est ce qu'ont également confirmé les entretiens avec nos collègues de l'association professionnelle bavaroise.

Que ce soit au niveau des friteuses dans les cuisines industrielles ou des grands réservoirs contenant des copeaux métalliques chauds dans les usines de fabrication ou des installations similaires, de petits nuages blancs s'élèvent partout pendant le fonctionnement. Visuellement, ceux-ci ressemblent beaucoup à la vapeur qui s'échappe lorsqu'on fait chauffer de l'eau dans une casserole à la maison. À cette différence près toutefois que la vapeur s'échappant des cuves industrielles contient des huiles ainsi que des liquides de refroidissement ou des lubrifiants.

Ces substances sont souvent à l'origine de fortes nuisances olfactives et font l'objet de bien trop peu d'attention et d'études.

Effectuer des mesures de particules et par FID

Il est indispensable d'analyser ces rejets à la fois par une mesure des particules et par une mesure FID. En effet, c'est à partir de ces mesures que l'on peut définir l'étape suivante : la purification de l'air par élimination de ces vapeurs.

Solution n° 1 : le charbon actif

Une solution peut par exemple consister à utiliser des filtres à charbon actif. Pour simplifier, le charbon actif fonctionne comme une sorte de filtre moléculaire. Il est très poreux et présente de nombreux pores minuscules capables d'absorber les vapeurs par adsorption. Les vapeurs sont ainsi fixées à la surface du charbon actif. Cela ne fonctionne toutefois que tant que le charbon actif n'est pas trop saturé par les aérosols générés lors de la condensation.

Inconvénient lié à l'utilisation du charbon actif

Souvent, les filtres à charbon actif ne sont installés qu'au niveau de l'appareil de ventilation, à l'extrémité d'un long conduit d'évacuation d'air. Avant d'y parvenir, l'air évacué s'est déjà refroidi de plusieurs degrés et les vapeurs commencent à se condenser. Les nombreux petits pores du charbon actif s'obstruent alors beaucoup trop rapidement, ce qui le rend inefficace. Si les vapeurs qui se condensent sont des huiles, leur combinaison avec le charbon actif crée, au sens propre du terme, un mélange extrêmement inflammable !

Utilisation du charbon actif

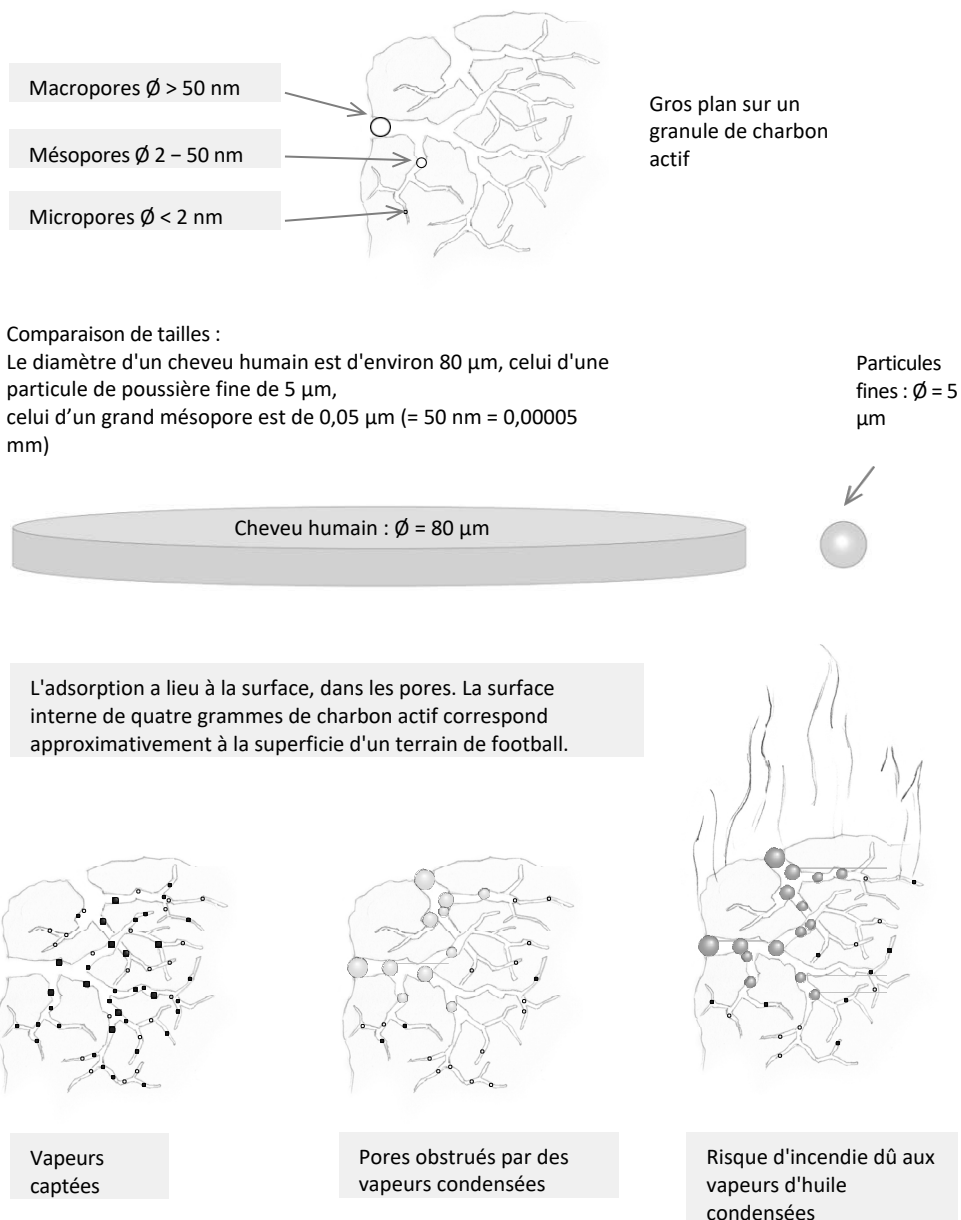


Figure 21

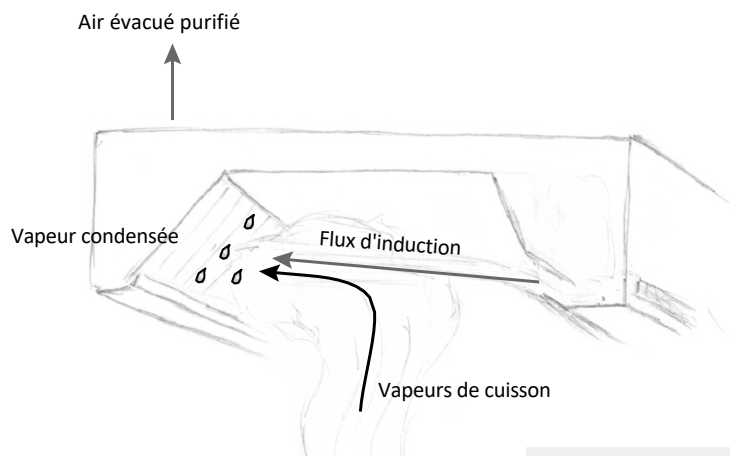
Approche 2 : condensation forcée

Une autre possibilité pour maîtriser les liquides évaporés et en réduire la quantité consiste à procéder à une condensation forcée directement lors de la collecte et de l'aspiration.

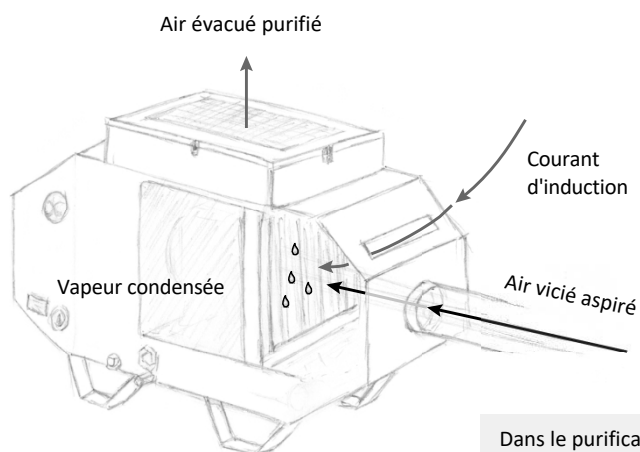
Comme décrit au chapitre 1, nous avons développé chez REVEN GMBH des dispositifs de captage qui non seulement aspirent, mais soufflent également. L'air à capter, contenant les aérosols, les virus et les polluants, est ainsi acheminé le plus rapidement possible, grâce à un soufflage d'appoint, vers la zone où la puissance d'aspiration des purificateurs d'air, des hottes de cuisine et des appareils de ventilation est la plus élevée – c'est-à-dire directement vers leurs ouvertures d'aspiration.

À cette fin, nous avons mis au point aussi bien des hottes de cuisine modernes que des purificateurs d'air industriels, équipés d'un dispositif supplémentaire de soufflage d'appoint. Ainsi, dans le cas de la hotte de cuisine, cela garantit que les vapeurs de cuisson ascendantes s'écoulent rapidement et directement depuis l'appareil de cuisson vers la zone de filtration et d'aspiration, où elles sont captées ou aspirées. De plus, cela nous a permis de forcer la condensation des liquides évaporés. L'air du flux d'induction, c'est-à-dire le flux d'air insufflé, est toujours plus froid de quelques degrés que l'air à capter. Cette différence de température nous aide, tant dans nos hottes de captage perfectionnées que dans nos purificateurs d'air pour machines-outils, à déclencher la condensation des liquides évaporés dès leur captage et leur aspiration.

Condensation forcée



Dans la hotte de cuisine : grâce au flux d'induction plus frais, les vapeurs se condensent et sont séparées avant d'atteindre le conduit d'évacuation.



Dans le purificateur d'air industriel : sous l'effet du flux d'induction plus froid, les vapeurs se condensent avant d'atteindre le séparateur X-CYCLONE® et sont ainsi séparées.

Figure 22

Avantages de la condensation forcée

Lorsque l'air vicié issu du processus est débarrassé des liquides évaporés et des aérosols en suspension dans l'air, il est véritablement purifié et propre. Les émissions d'odeurs sont ainsi réduites au minimum et peuvent être entièrement neutralisées à l'aide de filtres anti-odeurs installés en aval. Les technologies utilisées pour la neutralisation des odeurs peuvent être des systèmes à UV, à ozone, à charbon actif ou d'oxydation chimique. Elles ont toutes un point commun : elles ne fonctionnent et ne déploient leur pleine efficacité que si l'air évacué a été préalablement purifié de manière efficace des aérosols et des vapeurs. Ce n'est qu'alors, et alors seulement, que les technologies installées en aval pour l'élimination complète des odeurs ont un sens. Plus d'informations à ce sujet dans le chapitre suivant.

4. Comment neutraliser les virus et les odeurs être neutralisés ?



La neutralisation des odeurs et l'élimination complète des virus et des bactéries présents dans l'air constituent une tâche qui nécessite plusieurs étapes. Il faut tout d'abord procéder à une captation et une aspiration efficaces, puis utiliser des filtres à aérosols ou des séparateurs très performants ; dans ce contexte, la condensation des vapeurs est également nécessaire, comme évoqué dans le chapitre précédent. Ce n'est qu'en respectant toutes ces étapes que les odeurs peuvent être éliminées de manière fiable et complète à l'aide de systèmes UV-C ou à l'ozone.

Idée fausse

Le rayonnement UV permet de résoudre tous les problèmes liés aux virus, aux bactéries et aux odeurs.

Une idée fausse très répandue dans le domaine de la ventilation et de la purification de l'air, qui persiste obstinément, est de croire qu'il n'est pas nécessaire de se soucier outre mesure de toutes ces étapes, depuis la capture et l'aspiration jusqu'à la séparation et la condensation. Il suffirait d'installer n'importe quelles lampes produisant une lumière ultraviolette dans les purificateurs d'air et les systèmes d'évacuation d'air pour que tout aille bien. C'est ce que suggèrent, ou du moins quelque chose de similaire, les promesses de nombreux concurrents sur le marché, dont j'entends parler régulièrement.

Il existe de nombreux malentendus et fausses informations concernant le fonctionnement et l'efficacité des technologies de purification de l'air utilisant le rayonnement ultraviolet. Cela commence par le fait que de nombreux fabricants n'informent pas les utilisateurs sur le domaine d'application réel du rayonnement ultraviolet. Un aspect important auquel il faut absolument prêter attention est la question suivante : « Que cherche-t-on à obtenir en utilisant des systèmes UV-C ? » Souhaitons-nous débarrasser l'air des virus et des bactéries, ou voulons-nous éliminer les graisses et les huiles de l'air évacué ? Je pense que vous conviendrez avec moi qu'il s'agit là de deux objectifs distincts et que l'élimination des virus de l'air évacué ne peut en réalité pas être assimilée à celle des huiles et des graisses.

C'est pourquoi nous devrions d'abord discuter de l'usage que nous souhaitons faire du rayonnement ultraviolet dans notre système de ventilation. Le choix du système UV-C à utiliser dépend de l'objectif visé. Les différentes fonctions de ces systèmes peuvent être les suivantes :

- *Désinfection d'objets*
- *Neutralisation des odeurs dans l'air*
- *Élimination des virus et des bactéries présents dans l'air*

Ces trois tâches concernent déjà trois domaines totalement distincts, qui nécessitent chacun l'utilisation de systèmes UV-C très différents. Il n'existe pas de système capable de remplir ces trois fonctions.

À cela s'ajoute la question, entourée de nombreux mythes, de la soi-disant « combustion des graisses ». Nous expliquerons plus tard de quoi il s'agit.

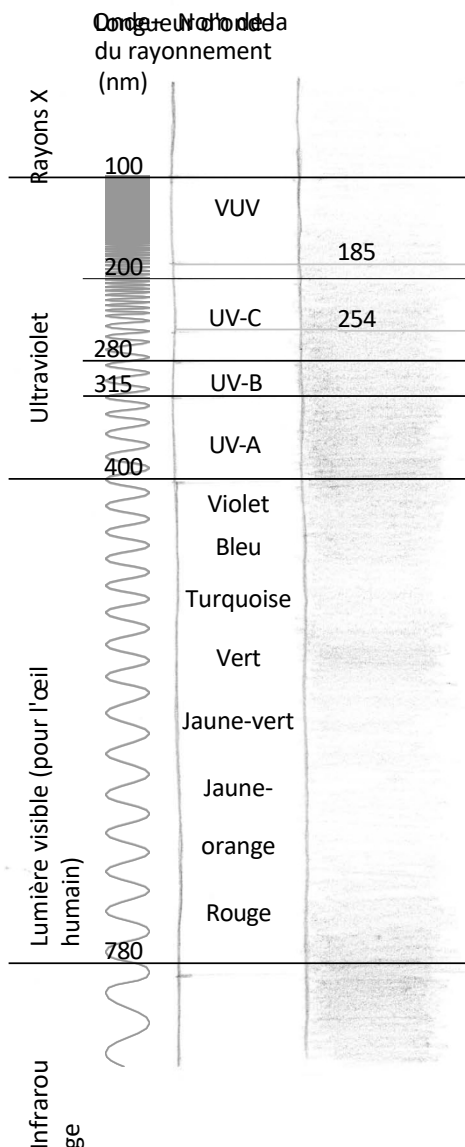
Nous avons donc besoin d'un système UV-C spécialement conçu pour l'une de ces tâches. Mais même dans ce cas, on peut toujours se demander si la tâche en question peut réellement être résolue de manière satisfaisante.

4.1. Le malentendu concernant le rayonnement UV-C

Les purificateurs d'air domestiques intègrent souvent des systèmes UV-C. Dans le sillage de la pandémie qui fait rage dans le monde entier, le marché a été littéralement inondé de tels purificateurs à partir de 2020. On a promis aux utilisateurs que le rayonnement ultraviolet de ces appareils pouvait éliminer les virus dangereux. Mais comment cela pourrait-il fonctionner ?

Visuellement, ces systèmes UV-C rappellent les tubes fluorescents classiques, tels qu'on les trouve par exemple dans les systèmes d'éclairage des grands bureaux. Ils sont proposés en différentes tailles. Lorsqu'on allume un tube UV-C, celui-ci n'émet pas une lumière blanche comme l'éclairage de bureau, mais brille d'une lueur bleutée, comme celle que l'on retrouve dans les solariums. Cette lumière bleue est un rayonnement UV-C à ondes courtes généré artificiellement, dont la longueur d'onde est comprise entre environ 250 et 280 nanomètres.

Spectre électromagnétique



UV-A et UV-B

Ces rayons UV sont les seuls à atteindre la Terre. L'être humain en a besoin pour synthétiser sa propre vitamine D. Ils provoquent le bronzage de la peau. À trop forte dose, ce rayonnement est toutefois nocif, tant à court terme (risque de coup de soleil) qu'à long terme (risque de cancer de la peau).

UV-C

Pour la stérilisation, on utilise une lumière UV-C générée artificiellement dont la longueur d'onde est comprise entre 250 et 280 nm est utilisée. La longueur d'onde de 254 nm est particulièrement idéale pour endommager le génome des micro-organismes. Les UV-C sont également nocifs pour l'être humain.

UV sous vide (VUV)

Dans le spectre ultraviolet, on utilise une lumière générée artificiellement d'une longueur d'onde de 185 nm pour former de l'ozone. Ce procédé ne fonctionne qu'avec des tubes à quartz spéciaux.

Figure 23

Facteur de longueur d'onde

Pour les systèmes UV-C, la plage de longueurs d'onde du rayonnement est importante, car c'est la seule façon d'éliminer les bactéries et les virus ou de les empêcher de se multiplier en endommageant leur matériel génétique. Ce principe est exploité depuis longtemps en technologie médicale, par exemple pour la désinfection des instruments chirurgicaux et des outils médicaux. Ces appareils de désinfection se présentent souvent sous la forme de boîtiers rectangulaires qui ressemblent à des fours à micro-ondes disponibles dans le commerce. Ces boîtiers intègrent des tubes UV-C qui permettent d'irradier l'espace intérieur dans une gamme de longueurs d'onde comprise entre 250 et 280 nanomètres. Les objets placés dans un tel stérilisateur à ultraviolets sont ainsi désinfectés par le rayonnement UV-C.

Le facteur temps

Les fiches techniques de ces stérilisateurs UV-C soulignent régulièrement qu'une asepsie totale, c'est-à-dire une stérilisation, peut être obtenue après une durée d'irradiation d'environ 30 secondes seulement.

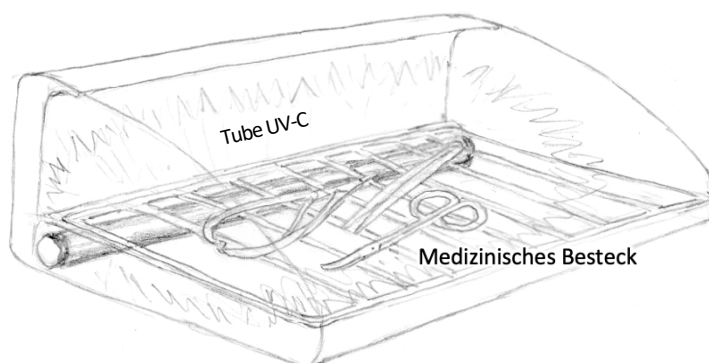
Sur la plupart des stérilisateurs UV-C, il est possible de régler une durée de désinfection comprise entre 30 secondes et 60 minutes, tout comme on règle la durée de cuisson sur un micro-ondes domestique.

Longueur d'onde + durée = résultat souhaité

Nous avons ainsi défini un premier domaine d'application pour lequel il existe de nombreuses solutions techniques, produits et expériences : si l'on souhaite rendre totalement inoffensifs les virus et les bactéries présents sur des objets tels que des ciseaux, des couteaux, des pinces, des aiguilles, etc., il faut pour cela un rayonnement ultraviolet généré artificiellement dans une plage de longueurs d'onde comprise entre environ 250 et 280 nanomètres. Il est également très important que ces objets soient exposés à ce rayonnement pendant au moins 30 secondes afin d'être réellement stériles. Ainsi

du moins, telle est la recommandation des fabricants de stérilisateurs UV-C, utilisés depuis de nombreuses années dans le domaine médical.

Désinfection dans un stérilisateur UV-C



Ce stérilisateur moderne fonctionne en deux étapes :

- un rayonnement UV-C (254 nm) pendant au moins 30 secondes, afin de détruire le génome des micro-organismes ;
- Rayonnement VUV (185 nm) pour éliminer complètement les micro-organismes par l'ozone.

Figure 24

Quelles conclusions devons-nous en tirer pour la ventilation et la purification de l'air ?

En réalité, la réponse est assez simple et évidente : si nous voulons éliminer les bactéries et les virus présents dans un flux d'air, nous avons besoin de ce même rayonnement ultraviolet, qui doit agir sur les virus et les bactéries pendant une durée déterminée.

Malentendu

La stérilisation de l'air fonctionne exactement de la même manière que pour les objets.

Aussi simple et évident que cela puisse paraître, c'est là que commencent les problèmes en matière de technique de ventilation. Dans les appareils de ventilation et les purificateurs d'air, nous avons affaire à un flux d'air et non à des objets qui restent immobiles pendant une demi-minute pendant la stérilisation. L'air circule dans les appareils de ventilation et les purificateurs d'air à une vitesse d'au moins un mètre par seconde. Tout ce qui se trouve dans ce flux d'air, y compris les bactéries et les virus, parcourt au moins un mètre en une seconde. Dans de nombreuses installations, les distances parcourues sont même encore plus importantes, allant de deux à cinq mètres par seconde.

Distance parcourue par l'air en une seconde

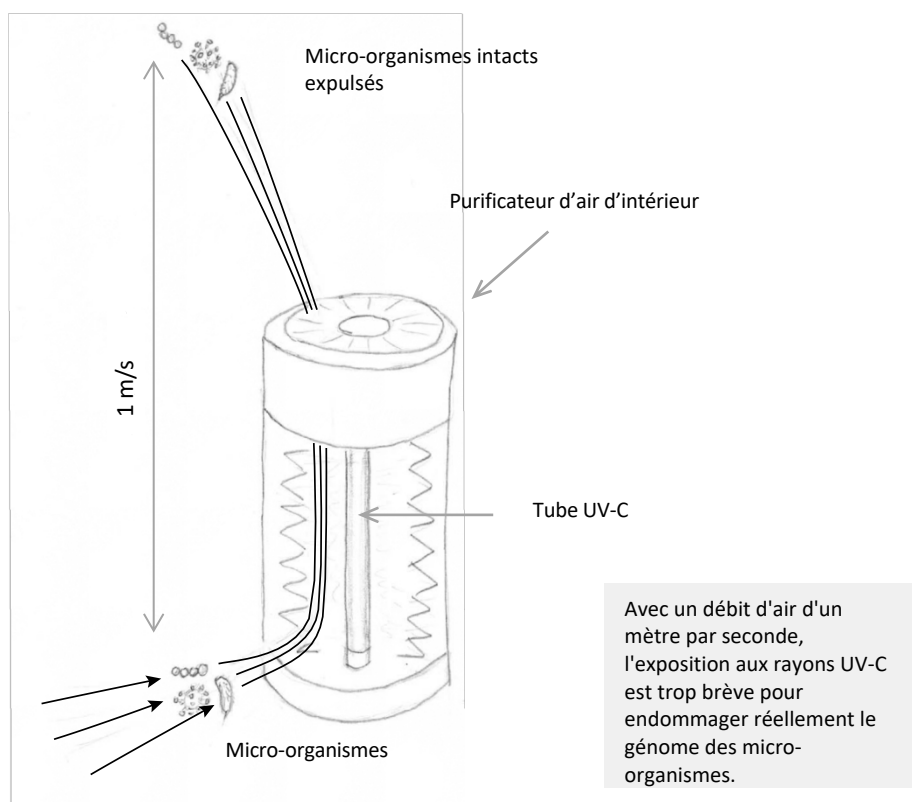


Figure 25

Cette situation constitue déjà le premier problème et représente un défi de taille. Comme nous l'avons appris dans la description des stérilisateurs utilisés en médecine, il serait conseillé d'exposer les bactéries et les virus au rayonnement ultraviolet pendant au moins trente secondes. Comment pouvons-nous y parvenir dans un système de ventilation ?

Dans le cas d'un système d'évacuation d'air avec une vitesse d'air d'un mètre par seconde, il faudrait un conduit d'évacuation de trente mètres de long équipé de tubes UV-C. Or, vous ne trouverez pas de système de ce type. Les appareils de ventilation et les purificateurs d'air équipés de tubes UV-C mesurent rarement plus d'un mètre de long. Il est donc très facile de calculer pendant combien de temps les bactéries et les virus transportés par l'air sont exposés au rayonnement UV-C dans ces appareils : dans de tels systèmes, le rayonnement n'a qu'une seconde pour agir sur les virus et les bactéries. C'est un laps de temps bien trop court pour une stérilisation.

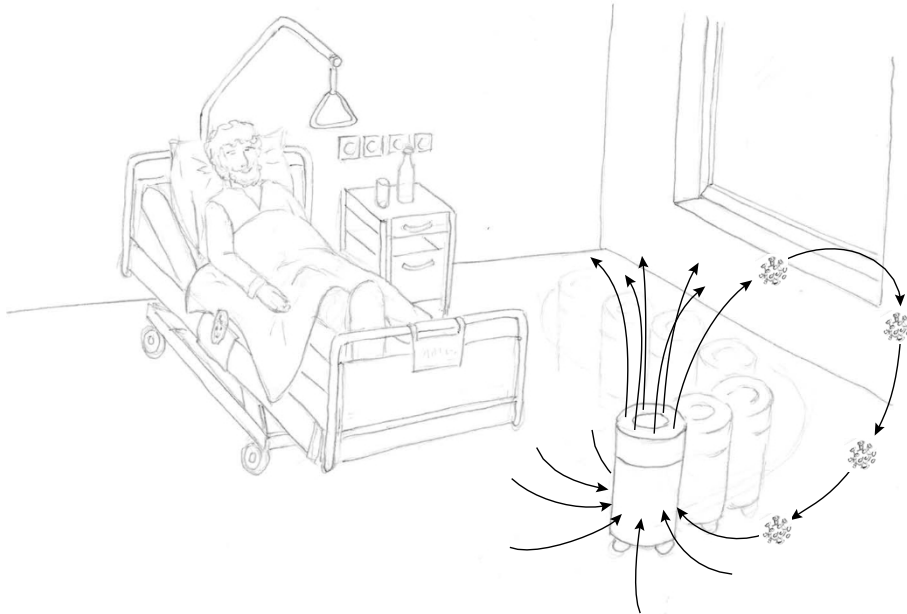
Il ne suffit donc pas de simplement installer des tubes UV-C dans un appareil de ventilation ou un purificateur d'air, et cela n'est généralement pas judicieux non plus. Que faut-il donc faire ?

Une solution consisterait à faire passer l'air à plusieurs reprises dans la zone des tubes UV-C pendant au moins une demi-minute, afin d'obtenir un temps d'exposition suffisamment long.

Exemple pratique : les robots de désinfection

C'est exactement ce que font, en substance, les robots de désinfection récemment mis au point dans les hôpitaux. Ces appareils ont été développés pendant la pandémie et peuvent être utilisés dans les chambres d'hôpital. Ils se déplacent de manière autonome dans une chambre et y purifient l'air ambiant. Pour ce faire, ils aspirent l'air puis le rejettent. Ce faisant, l'air est exposé à un rayonnement ultraviolet. Ce processus est répété en continu dans cette pièce pendant un certain temps. Vous l'aurez deviné, cela permet d'atteindre un temps d'exposition d'au moins trente secondes.

Robots de désinfection en chambre d'hôpital



Ce n'est que lorsque le même air circule en « boucle continue » à travers le robot de désinfection (schéma simplifié) que les germes hospitaliers qu'il contient peuvent être neutralisés par le rayonnement UV-C.

Figure 26

Ce processus ne peut toutefois se dérouler ainsi que si nous disposons d'un espace clos dans lequel le robot peut, pendant un certain temps, aspirer, irradier et rejeter sans cesse le même air. En revanche, si nous avons un espace ventilé dans lequel de l'air frais est insufflé et d'où l'air vicié et contaminé est évacué, la situation est tout à fait différente.

Le temps ne suffit pas

Même avec des purificateurs d'air simples et de petite taille, l'aspiration, la purification et le rejet de l'air ne prennent guère plus d'une seconde. Il est donc évident que, dans de tels

purificateurs d'air, il est absolument impossible de stériliser l'air uniquement par irradiation aux UV-C. Le temps disponible est tout simplement insuffisant.

Utilisation de filtres à particules en suspension

Il est possible d'améliorer les performances des purificateurs d'air d'intérieur compacts en y intégrant des filtres à particules en suspension. Il s'agit de filtres haute performance capables de retenir même les plus petites particules, ainsi que les virus et les bactéries présents dans l'air. Associés à un rayonnement UV-C qui irradie suffisamment longtemps ce filtre haute performance, les virus et les bactéries présents sur le filtre peuvent être éliminés.

Accessoires : filtres à particules en suspension

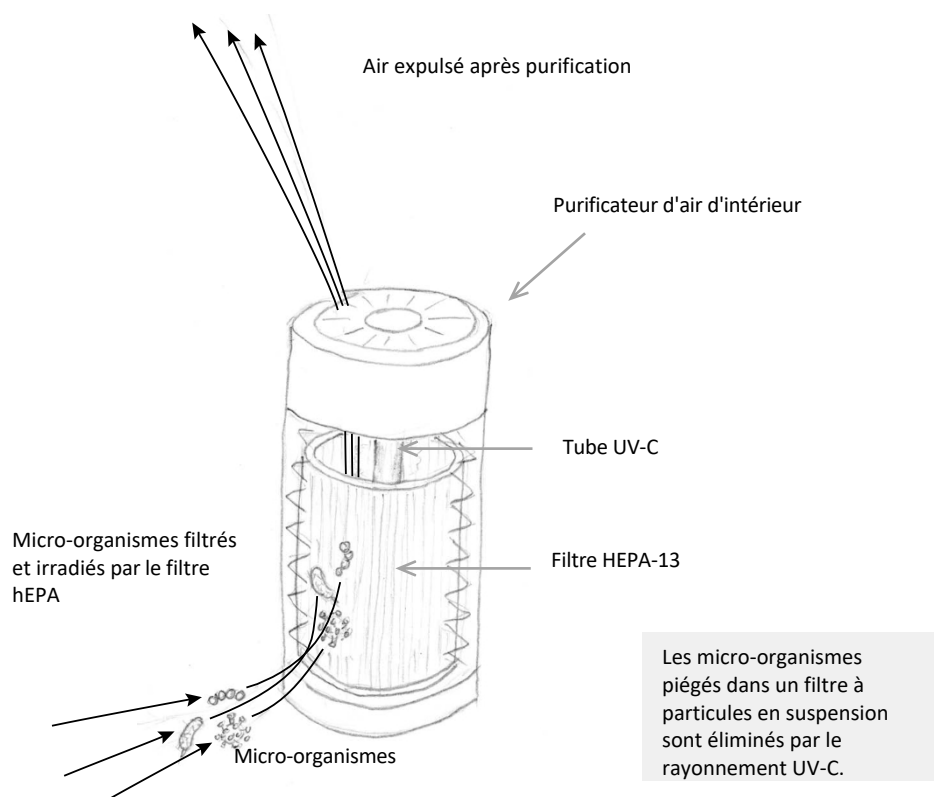


Figure 27

Il existe de nombreux exemples similaires. En fin de compte, il s'agit toujours de faire agir le rayonnement ultraviolet approprié suffisamment longtemps sur les virus et les bactéries pour endommager suffisamment leur matériel génétique et empêcher leur multiplication. Seule une destruction complète permet d'obtenir une véritable stérilisation. D'un point de vue plus scientifique, on pourrait résumer ce principe comme suit :

Le rayonnement a un effet létal sur les virus et les bactéries, à condition qu'il soit suffisamment intense et qu'il agisse suffisamment longtemps.

Facteur d'intensité du rayonnement

L'intensité du rayonnement dépend des tubes, ou plus précisément de leur puissance par mètre carré de surface irradiée. Plus la puissance en watts utilisée est élevée, plus le temps d'exposition nécessaire est court. Si l'on utilise des LED UV-C de faible puissance, qui ne fournissent que quelques watts par lampe LED, il faut prévoir un temps d'exposition proportionnellement plus long. Le principe est relativement simple : plus la puissance de rayonnement est élevée et plus la durée d'exposition est longue, plus l'effet désinfectant est important — et inversement.

Passons maintenant à l'élimination des huiles et des graisses de l'air évacué et voyons comment le rayonnement UV-C peut y contribuer. En examinant cette question de plus près, nous nous heurtons à l'un des plus grands malentendus dans le domaine de la ventilation et de la purification de l'air. Il s'agit toutefois davantage d'un mystère que d'un malentendu, et cela peut être décrit par la question suivante.

4.2. Le rayonnement UV-C peut-il éliminer les aérosols ?

Si l'on en croit les affirmations de nombreux fabricants dans le domaine de la ventilation, c'est effectivement le cas. On affirme souvent que le rayonnement ultraviolet émis par les tubes UV-C est capable d'éliminer les huiles et les graisses du flux d'air évacué. Ce mythe est particulièrement répandu dans le domaine de la ventilation des cuisines professionnelles. Selon certains fabricants, ce sont moins les séparateurs d'aérosols, que j'ai présentés au chapitre deux, que les systèmes UV-C qui permettraient de maintenir une ventilation de cuisine exempte de graisses et d'huiles.

Comme expliqué précédemment, ces huiles et graisses peuvent se trouver dans l'air soit sous forme d'aérosols, soit sous forme vaporisée.

Idée fausse

Le rayonnement UV-C purifie l'air des graisses et des huiles.

De nombreux fabricants affirment qu'un système UV-C adapté, installé dans le système d'évacuation d'air de la cuisine, est capable de séparer toutes ces formes de graisses et d'huiles du flux d'air et de maintenir le système de ventilation de la cuisine totalement exempt d'huile et de graisse.

Cela semble formidable, n'est-ce pas ? Malheureusement, ces propriétés révolutionnaires de purification de l'air n'ont à ce jour jamais été démontrées de manière ne serait-ce qu'un tant soit peu scientifique.

Nous savons désormais à quel point l'élimination fiable des bactéries et des virus à l'aide du rayonnement UV-C est complexe. Purifier l'air des aérosols et des gouttelettes d'huiles et de graisses à l'aide d'un rayonnement ultraviolet est, quant à cela, tout autre chose !

Cela commence déjà par la taille et les propriétés de ces polluants atmosphériques : un virus est bien plus petit qu'un aérosol d'huile. De plus, les virus et les bactéries ne s'évaporent pas simplement ni ne se décomposent d'une autre manière. Le rayonnement ultraviolet endommage leur génome à tel point qu'ils ne peuvent plus se multiplier et finissent par mourir.

En ce qui concerne le nettoyage de l'air évacué des huiles et des graisses, on prétend que celles-ci se dissolvent ainsi complètement et disparaissent – du moins, c'est ce qu'affirment les promesses grandiloquentes ! Comment une telle chose pourrait-elle fonctionner ?

Idée fausse

La graisse se décompose entièrement par photolyse.

Sur ce sujet, les fabricants avancent les affirmations les plus farfelues. Ainsi, des lampes UV spéciales seraient capables de décomposer les charges de graisse présentes dans l'air par photolyse. La charge de graisse serait alors réduite de 95 % et la graisse serait transformée en produits finaux : oxygène, dioxyde de carbone, eau et résidus pulvérulents.

Lorsqu'on demande comment ces affirmations ont été mesurées et validées, on entend sans cesse la même réponse : « C'est ce que nous avons observé ! » ou « Nous installons ce type de systèmes depuis de nombreuses années et nous avons constaté ce phénomène à maintes reprises, nous ne pouvons pas nous tromper ! »

Dans la plupart des cas, il n'existe aucune technique de mesure, aucun protocole de mesure, ni aucune étude venant étayer, ne serait-ce qu'un tant soit peu, ces affirmations et observations. Les promesses et les assurances sont justifiées par des décennies d'expérience et par des observations personnelles qui, sur une période aussi longue, ne pourraient pas être erronées.

Exemple concret : les valeurs d'émissions

Le groupe Volkswagen dispose lui aussi de plusieurs décennies d'expérience dans le développement de moteurs diesel et était convaincu de ne pas pouvoir se tromper sur les valeurs d'émissions de ses moteurs.

D'où vient cet empressement excessif ? Pourquoi tant de fabricants utilisent-ils cette technologie dans la ventilation des cuisines professionnelles ?

Parce qu'il s'agit d'une activité extrêmement lucrative. L'achat des conduits ne pose aucun problème, leur intégration dans un système d'évacuation d'air est à la portée de tout électricien un tant soit peu expérimenté, et c'est ainsi qu'avec un effort vraiment modeste, on a revalorisé son système de ventilation de cuisine de plusieurs milliers d'euros !

Idée fausse

Un système de ventilation de cuisine est dans tous les cas amélioré par l'utilisation de la lumière UV.

Cependant, la question se pose : le système a-t-il vraiment été amélioré ? La graisse et l'huile sont-elles éliminées de manière fiable à 95 % ? L'utilisateur bénéficie-t-il réellement d'une valeur ajoutée durable grâce à cet investissement supplémentaire ?

Pour y répondre de manière sérieuse, il convient d'examiner les faits. Ce n'est qu'alors que nous pourrons tenter de répondre aux questions posées précédemment. À cette fin, nous énumérons ci-dessous tous les faits avérés concernant ces mythes :

1. Un système UV doit produire de l'ozone

Les systèmes UV-C n'ont d'effet sur les graisses et les huiles présentes dans les effluents gazeux des cuisines professionnelles que si les tubes UV-C appropriés sont utilisés. Ceux-ci doivent être capables d'émettre un rayonnement ultraviolet d'une longueur d'onde inférieure à 200 nanomètres. Ce n'est le cas que pour les tubes

en verre de quartz synthétique. L'astuce réside dans le fait que le rayonnement ultraviolet dans une plage de longueurs d'onde de 185 nanomètres n'est pas filtré par ce verre et peut donc être émis. C'est la condition préalable indispensable à la production d'ozone.

2. L'ozone est destiné à oxyder les graisses et les huiles

En utilisant les tubes adaptés et un rayonnement de longueur d'onde appropriée, on génère donc de l'ozone dans le système de ventilation. L'ozone est essentiel pour obtenir un effet sur les huiles, les graisses et de nombreuses autres substances. Il s'agit toutefois d'un oxydant très puissant. C'est pourquoi il est nocif pour la santé et est même soupçonné d'être cancérigène. On peut toutefois essayer de l'utiliser pour oxyder les huiles et les graisses présentes dans l'air évacué de la cuisine. Mais j'insiste bien ici : on peut ESSAYER !

Rapport de recherche américain

Des études récentes menées aux États-Unis démontrent que cet effet oxydant sur les huiles et les graisses existe bel et bien, mais qu'il n'est pas très efficace. Les huiles et les graisses ne sont que partiellement oxydées et l'affirmation selon laquelle elles peuvent être entièrement éliminées n'est pas confirmée par ces études. Au contraire ! Compte tenu du fort potentiel de dangerosité de l'ozone, la question se pose plutôt de savoir si la production d'ozone dans de tels systèmes ne nuit pas davantage à l'environnement qu'elle ne lui est bénéfique ! Le rapport de recherche en question a été publié en 2020 par l'ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) et s'intitule « Research Project 1d14 Determining the Effectiveness of UVC Systems on Commercial Cooking Effluent ».

3. Élimination efficace des graisses en amont

En raison de la faible influence de l'ozone sur les huiles et les graisses, l'accent doit donc être mis, dans les systèmes d'évacuation d'air des cuisines, sur la capture, l'aspiration et le nettoyage de l'air vicié à l'aide de filtres et de séparateurs, de manière à ce que l'air vicié soit ainsi débarrassé dans la mesure du possible des huiles et des graisses. Si l'air vicié dégage en outre une forte odeur, cela est lié à la présence d'huiles et de graisses évaporées

huiles et graisses. C'est pour cette raison – et uniquement pour celle-ci – qu'un système UV-C produisant de l'ozone peut alors être utilisé de manière limitée. Il ne faut toutefois pas négliger le potentiel de danger de tels systèmes.

Utilisation judicieuse du rayonnement UV dans les hottes de cuisine

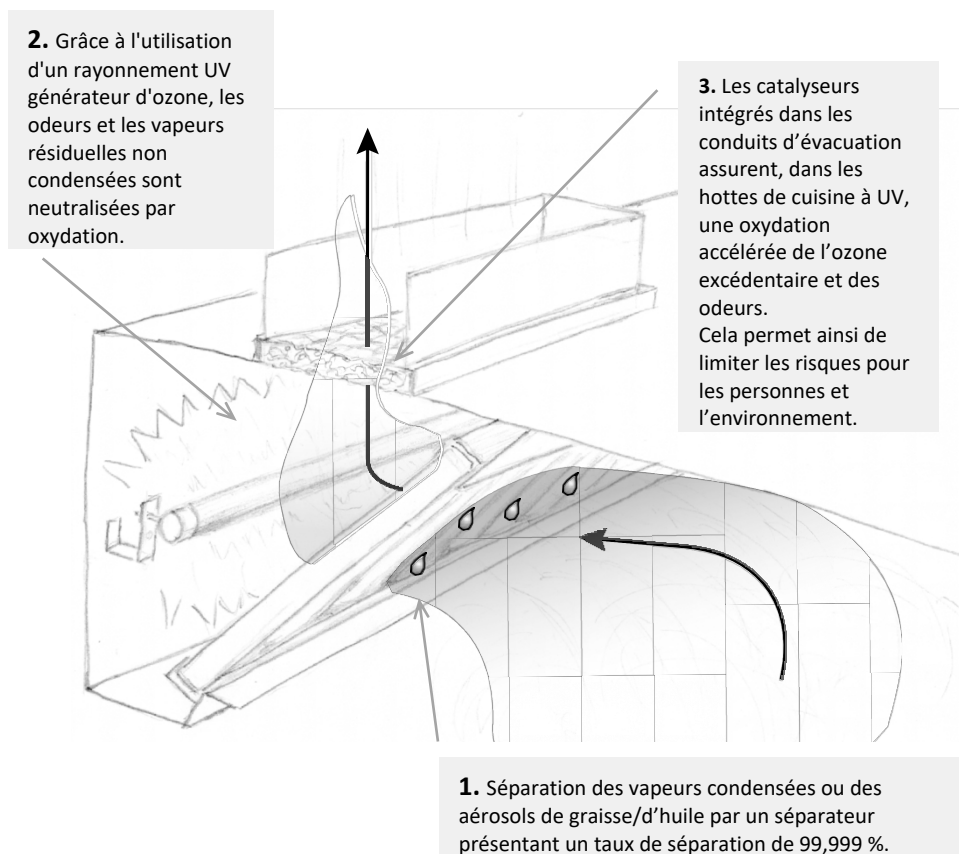


Figure 28

4. L’ozone est potentiellement cancérigène

Les installations UV-C qui génèrent de l’ozone par leur rayonnement présentent un risque potentiel élevé, dont les utilisateurs dans les cuisines professionnelles sont bien trop rarement informés, sans parler d’une formation approfondie sur la prévention des risques pour la santé. Comme mentionné précédemment, ce rayonnement peut endommager le patrimoine génétique des virus et des bactéries. Cet effet mutagène ne se limite toutefois pas aux virus et aux bactéries. Il concerne également les personnes exposées à ce rayonnement. L’ozone produit est un gaz nocif pour la santé et est soupçonné d’être cancérigène.

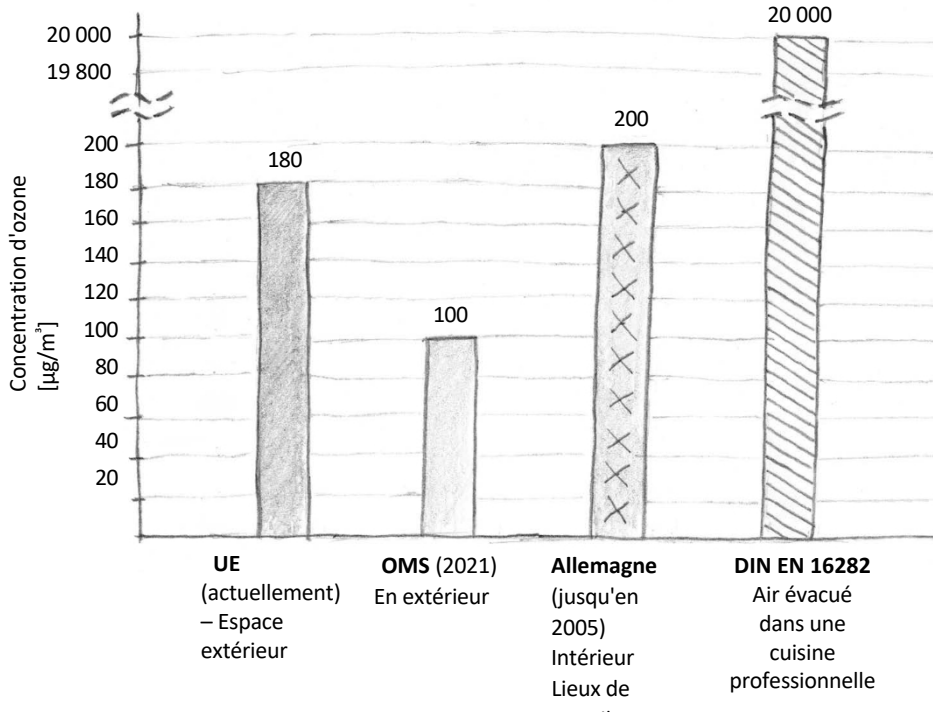
C’est pourquoi toutes les valeurs limites d’ozone en intérieur ont désormais été supprimées en Allemagne. Dans les villes, des alertes à l’ozone sont même régulièrement déclenchées lorsque les concentrations d’ozone à l’extérieur sont trop élevées. En cas de concentrations élevées, il est alors conseillé à la population de ne pas pratiquer de sport en extérieur et de rester chez elle autant que possible. Or, de nombreuses solutions techniques utilisées dans le domaine de la ventilation et de la purification de l’air font justement appel à ce type de rayonnements, qui génèrent des gaz aussi dangereux.

Exemple pratique : la ventilation des cuisines

J’ai moi-même constaté à plusieurs reprises que des cuisiniers me parlaient de tubes fluorescents situés derrière les filtres de leurs hottes de cuisine et se demandaient s’ils fonctionnaient encore. Lorsque je leur ai alors expliqué, ainsi qu’à leur personnel de cuisine, qu’il ne s’agissait pas de tubes fluorescents, mais de systèmes UV-C qui génèrent un rayonnement dangereux et libèrent des gaz nocifs pour la santé, j’ai vu plus d’une fois des visages très effrayés.

Voilà pour cette énumération des faits, qui ne prétend pas être exhaustive et pourrait certainement être complétée par quelques points supplémentaires.

Limites d'ozone



UE : concentration maximale admissible sur une heure par jour (moyenne sur 1 heure) ; en cas de dépassement de cette valeur, la population est informée

OMS : dose maximale d'exposition sur huit heures par jour (moyenne sur 8 heures)

DE (en vigueur jusqu'en 2005) : VLE (valeur limite d'exposition) journalière. Depuis lors, il n'existe plus de valeurs limites d'ozone pour les lieux de travail en intérieur en Allemagne, car l'ozone est soupçonné d'être cancérigène pour l'homme. En Suisse, la concentration maximale admissible (MAK) de 200 µg reste en vigueur.

Selon la norme **DIN EN 16282**, la valeur limite maximale d'ozone pour l'air évacué par une hotte de cuisine est fixée à 20 000 µg. C'est 100 fois la valeur admissible sur le lieu de travail en Allemagne (valable jusqu'en 2005) ! Ou 200 fois la moyenne sur 8 heures fixée par l'OMS pour l'air extérieur !

Figure 29

La technique de mesure, par exemple, serait un autre point à aborder. Vous ne pouvez même pas imaginer combien de fabricants commercialisent des systèmes générateurs d'ozone sans disposer d'une technique de mesure appropriée pour déterminer la concentration de ce gaz dangereux qu'est l'ozone.

Malentendu

Les huiles et les graisses ont disparu parce qu'elles ne pouvaient pas être mesurées (avec certaines techniques).

Il existe également des fabricants qui, à l'aide d'une technique de mesure des particules adaptée, fournissent une preuve prétendument vérifiable de l'élimination de toutes les huiles et graisses. Dans ces cas-là, une simple mesure de la température suffirait souvent. Pourquoi ? Dans certains systèmes, des dizaines de tubes UV-C sont installés dans le conduit d'évacuation d'air ou la hotte de cuisine. Ceux-ci deviennent très chauds en fonctionnement et réchauffent ainsi toute la pièce environnante. De nombreuses huiles et graisses s'évaporent alors.

5. Comment rendre visibles les flux d'air ?



Au début de la pandémie en 2020, nous avons pu observer en Allemagne une tendance « passionnante ». Non seulement l'offre de purificateurs d'air compacts a soudainement explosé, mais il y a aussi eu du jour au lendemain des centaines d'experts en ventilation et d'aérodynamiciens en Allemagne. Des milliers de représentations graphiques des flux d'air dans les bureaux en open space ou les salles de classe ont vu le jour et ont été diffusées partout. Qu'avaient en commun toutes ces illustrations ? Elles étaient joliment colorées et comportaient de nombreuses flèches. Celles-ci indiquaient le plus souvent un purificateur d'air, placé dans un coin de la pièce, censé débarrasser l'air ambiant des virus et des polluants.

Or, nous savons depuis le chapitre 1 qu'il est extrêmement compliqué d'aspirer quoi que ce soit — ne serait-ce que pour cette raison, il devrait désormais être clair qu'un purificateur d'air placé dans un coin n'est absolument pas en mesure d'aspirer la totalité de l'air d'une salle de classe ou d'un bureau en open space. Peu importe le nombre de flèches colorées pointant vers le purificateur d'air, l'air ne s'y dirigera pas (voir fig. 5) !

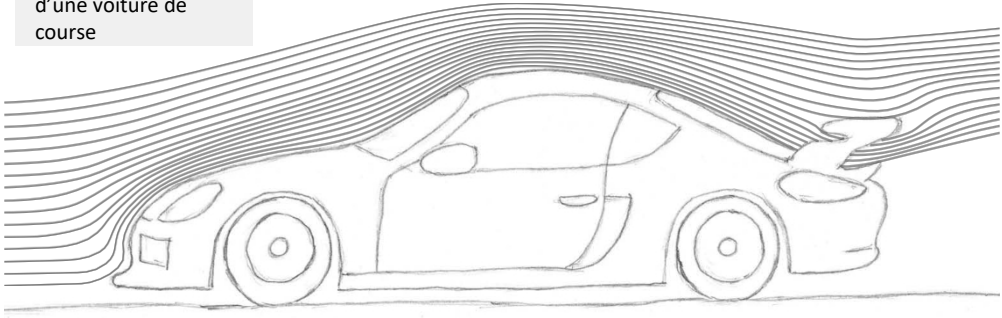
La plupart de ces graphiques colorés représentent donc tout simplement des flux d'air purement fictifs, qui n'ont rien à voir avec la réalité. Mais comment déterminer et visualiser le tracé réel de ces flux d'air ?

Recherche fondamentale sur l'analyse des flux d'air

L'Institut Hermann-Rietschel de l'Université technique de Berlin mène des recherches fondamentales approfondies sur ce sujet. Concernant l'analyse des flux d'air et l'efficacité des mesures de ventilation, les représentants de l'institut s'expriment ainsi : « Pour évaluer l'efficacité du renouvellement de l'air et de l'évacuation des polluants dans la pièce, et plus précisément en chaque point de la pièce, nous utilisons ce que l'on appelle l'efficacité de ventilation. Celle-ci peut être déterminée à l'aide de simulations numériques d'écoulement et/ou de mesures. Dans tous nos projets, nous utilisons ces méthodes pour évaluer les écoulements d'air dans les pièces et développer de nouvelles formes de ventilation efficaces. »

Visualisation des écoulements d'air

Visualisation de
l'aérodynamique
d'une voiture de
course



La simulation des écoulements est connue depuis longtemps dans la construction aéronautique et la construction de voitures de course. Désormais, le calcul et la visualisation des écoulements d'air sont également utilisés à des fins d'optimisation dans la ventilation des locaux.

Figure 30

Qu'est-ce que cela signifie pour nous ? Nous avons donc besoin d'une simulation des écoulements et d'une technique de mesure adaptée. C'est exactement ce dont nous avons déjà parlé dans les chapitres précédents, par exemple en lien avec la filtration des aérosols ou la technologie UV-C. Comment ce procédé est-il mis en œuvre pour les écoulements d'air ?

5.1. Le malentendu lié aux petites images colorées représentant les flux d'air

Les images colorées comportant de nombreuses flèches ne représentent pas une simulation numérique des écoulements, et ne reposent pas non plus sur les valeurs mesurées lors d'une série de mesures complexes. Il s'agit dans la plupart des cas de représentations purement fictives des écoulements d'air, qui n'ont rien à voir avec la réalité. Elles sont donc, au sens propre du terme, tirées par les cheveux et ne reflètent en rien la réalité !

Idée fausse

Le trajet de l'écoulement d'air est prévisible.

Une idée fausse très répandue dans le domaine de la ventilation est de supposer trop hâtivement que l'on sait à l'avance comment l'air va se comporter. Nous avons montré au chapitre 2 à quelles interprétations erronées et conclusions fausses cela peut conduire lors du développement d'un produit. Car nous aussi, au sein de notre équipe, nous avons commis cette erreur – à l'époque, lors du développement de notre technologie X-CYCLONE®.

Le centre de compétence CFD de SChAKO

Au sein de notre groupe SChAKO, nous disposons même d'une équipe dédiée aux simulations d'écoulement et à la métrologie. Chez SChAKO IBERIA, en Espagne, nous avons mis en place un centre de compétence CFD. Cette équipe se consacre principalement à la tâche que l'Institut Hermann-Rietschel de l'Université technique de Berlin a si bien résumée ! Au sein de notre centre de compétence CFD, nous rendons les écoulements d'air visibles à l'aide de simulations numériques de flux et d'équipements de mesure adaptés.

Le laboratoire SCHAKO en action



Aperçu du dispositif d'essai pour la visualisation des écoulements d'air d'alimentation

Figure 31

Idée fausse

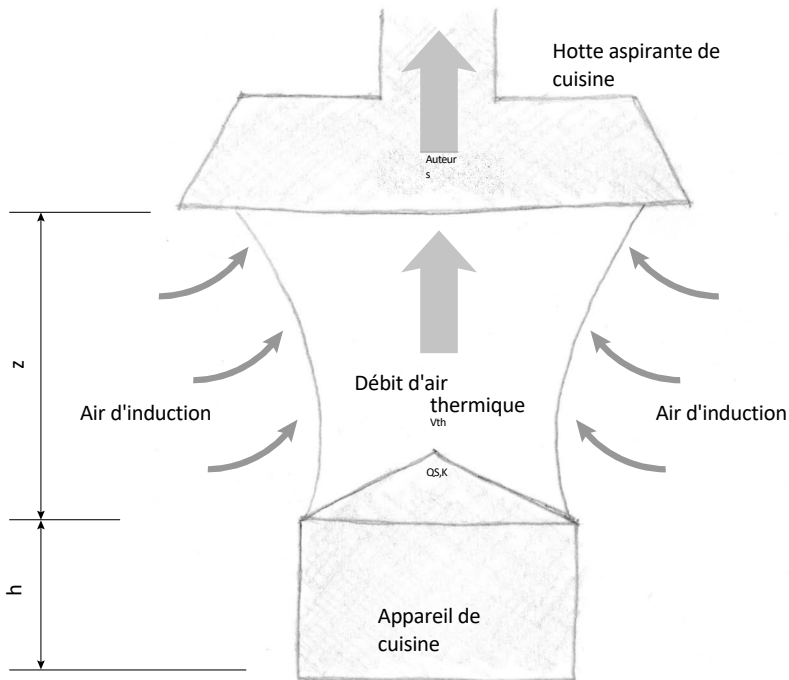
Les modèles de visualisation correspondent à la réalité.

Les normes et les directives reposent elles aussi souvent sur la même idée fausse que les représentations figurant dans ces « petits dessins colorés ». Les directives relatives à la ventilation des cuisines professionnelles, telles que la norme VDI 2052, ainsi que les normes internationales comme la DIN EN 16282, valables dans toute l'Europe, contiennent également des représentations comportant des flèches colorées. Ces illustrations montrent l'équipement de cuisson d'une cuisine et les flux d'air allant de cet équipement vers la hotte. D'autres flèches, orientées vers la pièce, sont censées représenter le flux d'air frais entrant dans la cuisine. Elles sont le plus souvent dessinées sous forme de flèches droites, verticales ou horizontales, qui suggèrent un flux délimité avec une précision chirurgicale.

Une flèche partant verticalement vers le haut depuis l'appareil de cuisson et s'étendant jusqu'à la hotte de cuisine est censée représenter l'air qui y est aspiré directement et immédiatement — on est en droit de se demander ici quel rapport cela a avec la réalité ? En tout cas, cela n'a pratiquement rien à voir avec le flux d'air réel. Il s'agit ici d'un modèle destiné à représenter les courants thermiques au-dessus d'un appareil de cuisson. Ces courants thermiques génèrent un flux d'air ascendant. Celui-ci est capté et évacué par la hotte de cuisine située au-dessus de l'appareil de cuisson. Tel est le modèle de la directive VDI 2052. Il ne fait aucun doute qu'il s'agit d'un modèle à partir duquel on peut tirer de nombreuses conclusions. C'est ainsi que reposent, par exemple, les méthodes de conception et de calcul permettant de déterminer les débits d'évacuation d'air nécessaires. À l'aide de ces modèles, on calcule le débit d'évacuation d'air minimal requis par une hotte de cuisine en fonction des appareils de cuisson utilisés.

Jusqu'ici, tout va bien. Ce qui conduit cependant souvent à des interprétations erronées et à des malentendus, c'est l'hypothèse selon laquelle un tel modèle d'écoulement correspondrait à la réalité. Malheureusement, ce n'est généralement pas le cas.

Modèle d'écoulement simplifié d'une ventilation de cuisine



Représentation schématique du modèle d'écoulement de la directive VDI 2052 :

La représentation et la direction des flèches ne fournissent aucune indication sur le comportement réel ou le tracé effectif des différents flux d'air

Figure 32

Le tracé réel des flux d'air et son importance

Comme nous l'avons déjà vu, les hottes de cuisine et les hottes à captage classiques ne peuvent aspirer directement les vapeurs de cuisson s'élevant vers le haut que dans une mesure très limitée. Très souvent, celles-ci s'accumulent dans les hottes à captage classiques sans y être immédiatement aspirées. Ainsi, les vapeurs initialement captées peuvent même s'échapper à nouveau de la hotte de cuisine.

Le modèle d'écoulement présenté dans la directive mentionnée ne reflète donc que de manière très limitée le comportement réel des flux d'air. Cela vaut également pour les modèles figurant dans d'autres directives et normes. Comme pour tous les modèles scientifiques, il serait important ici aussi de définir précisément le cadre du modèle, c'est-à-dire de délimiter exactement son champ d'application. Si le modèle est considéré comme universellement valable et interprété comme une représentation des conditions réelles, cela conduit à des malentendus fondamentaux ! Ceux-ci apparaissent au plus tard lors d'une simulation CFD réalisée de manière professionnelle et rigoureuse.

5.2. Les simulations CFD rendent les écoulements d'air visibles !

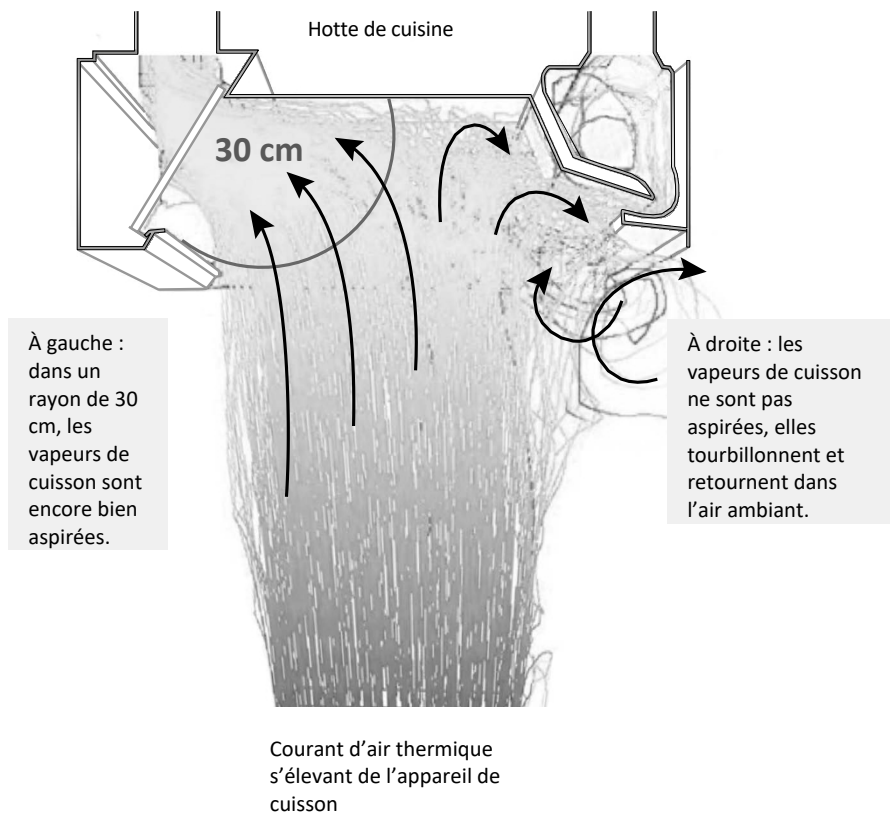
Des simulations CFD bien réalisées mettent en évidence toutes les grandeurs physiques d'un écoulement d'air sur l'ensemble de la zone. Elles permettent ainsi de mettre en évidence et de démontrer le fonctionnement et l'efficacité d'un système de ventilation. Au chapitre 1, nous avons déjà montré en détail que les hottes d'aspiration classiques ne peuvent aspirer directement les vapeurs s'élevant vers le haut que dans une zone étroitement délimitée autour du point d'aspiration. À seulement 50 centimètres des filtres et du point d'aspiration, nos mesures ne permettent déjà plus de détecter aucune aspiration. Dans une simulation CFD, cela est très facile à constater et l'on peut observer, à l'aide des écoulements d'air, que les vapeurs ressortent également de la hotte de cuisine. Les vapeurs et les flux d'air initialement captés dans la hotte s'échappent donc à nouveau et ne sont pas aspirés !

Idée fausse

Dans une hotte de cuisine, toutes les vapeurs ascendantes sont aspirées.

Cette observation contredit l'hypothèse du modèle selon laquelle tout l'air qui s'écoule vers le haut depuis la cuisinière pour rejoindre la hotte y est immédiatement aspiré. Les chapitres précédents nous ont déjà appris comment réagir à cette problématique et quels développements de produits sont nécessaires à la lumière de ces conclusions.

Image de flux CFD d'une hotte de cuisine sans courant d'induction



Cette simulation CFD du flux d'air dans l'une de nos hottes de cuisine permet de bien observer comment, en cas de cuisson intense, les vapeurs de cuisson situées en dehors du rayon d'aspiration tourbillonnent et se retrouvent à nouveau dans l'air ambiant.

Figure 33

Image de flux CFD d'une hotte aspirante de cuisine équipée d'une plaque à induction

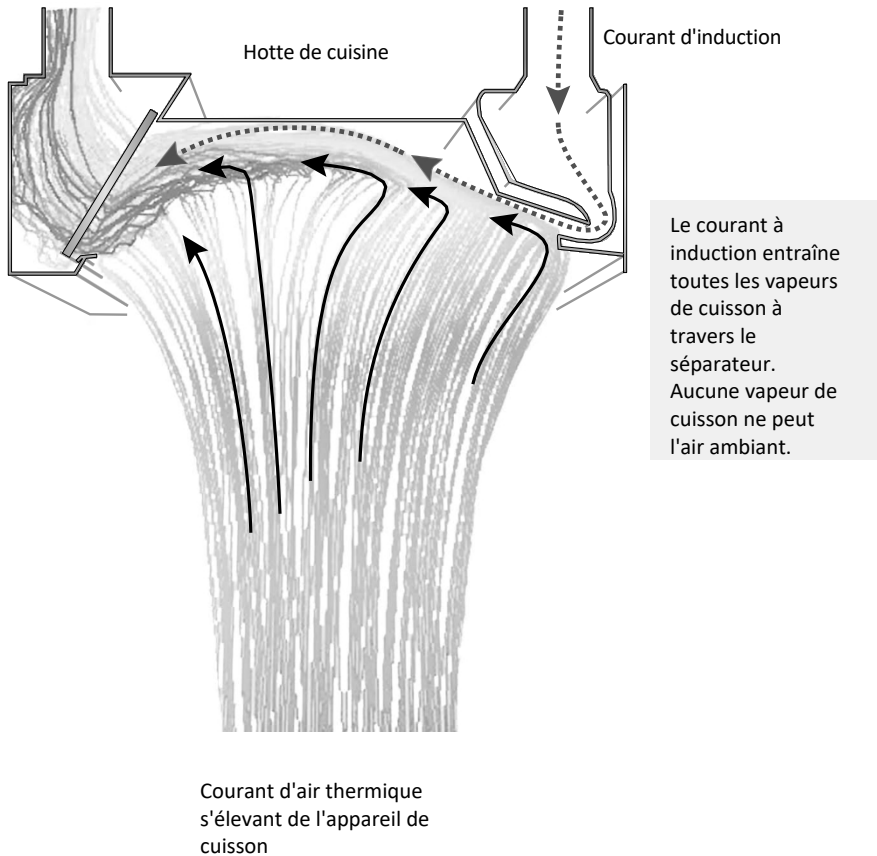


Figure 34

Nous constatons donc, dans ce chapitre également, à quel point les malentendus sont nombreux actuellement dans le domaine de la ventilation et de la qualité de l'air. J'ai déjà expliqué que de tels malentendus avaient également existé par le passé au sein de la société REVEN GMBH. Pour

conclure cette série, voici encore un autre exemple :

Dans l'industrie, il n'est pas rare d'utiliser ce qu'on appelle une « technique d'air de source » pour introduire de l'air frais dans les locaux. Il s'agit d'une introduction d'air frais à faible intensité. Cela signifie que l'air frais s'écoule généralement dans la pièce à faible vitesse à travers de fines tôles perforées. Ces systèmes d'air diffusé sont idéaux lorsque le confort maximal est requis, car la faible vitesse de l'air garantit un apport d'air frais silencieux et sans courant d'air. Dans l'idéal, cela donne lieu à ce qu'on appelle un « écoulement stratifié ». L'air frais ne se mélange pas intensément avec l'air présent dans la pièce ; au contraire, grâce à cette introduction judicieuse, des couches se forment dans l'air ambiant, composées à la fois d'air frais non vicié et d'air vicié ou pollué. Dans l'idéal, ces différentes couches d'air s'influencent et se perturbent le moins possible. Comment mettre cela en pratique ? De nombreux fabricants résolvent le problème à l'aide de jolies « images colorées » comportant de nombreuses flèches, à l'instar du modèle présenté dans la directive VDI.

Chez REVEN aussi, nous avons succombé il y a environ 20 ans aux erreurs de raisonnement issues de ce modèle. Nous avons conçu de nouveaux produits d'alimentation en air dans lesquels des tôles étaient intégrées en plusieurs couches. Il s'agissait de tôles perforées, c'est-à-dire de tôles comportant des milliers et des milliers de petits trous. Celles-ci servent à uniformiser le flux d'air.

Selon nous, cela devait permettre de bien étaler le flux d'air frais, de sorte qu'il « ruisselle » lentement et uniformément dans la pièce. On peut se représenter cela un peu comme avec une pomme de douche. Dans ce cas, un jet d'eau puissant et concentré provenant de la conduite d'eau est réparti uniformément et sort de la pomme de douche sans grande pression.

Exemple pratique : les systèmes d'air diffusé – notre hypothèse

En nous inspirant de ce principe, nous avons développé il y a environ 20 ans les systèmes d'air diffusé REVEN®, car notre équipe était convaincue à 100 % que seuls des flux d'air frais très finement répartis « ruisselleraient » dans la pièce à partir de tels systèmes, qu'il s'y formerait un écoulement en couches nettement délimité par rapport à l'air vicié, et que ces deux flux d'air ne pourraient en aucun cas s'influencer mutuellement. Exactement comme dans les nombreux modèles mentionnés précédemment

: de jolies flèches bleues indiquant comment l'air neuf s'écoule en ligne droite dans la pièce et y forme une couche d'air frais, sans perturber l'air vicié représenté par les flèches rouges, afin que celui-ci puisse s'écouler sans entrave vers la hotte d'aspiration où il est directement capté et évacué.

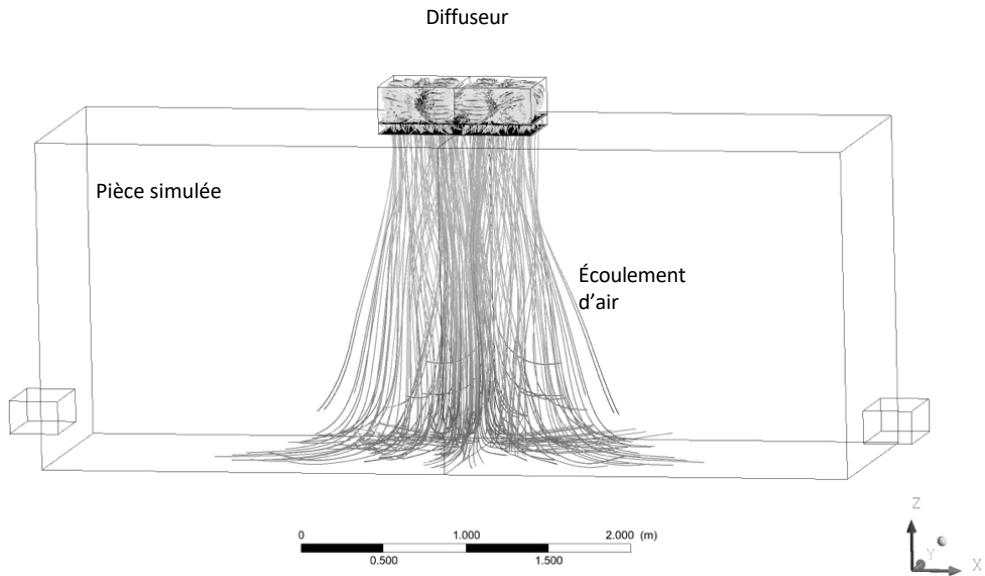
Exemple pratique : les systèmes à air d'alimentation – des doutes

Je me souviens encore de la fois où, en 2017, j'ai présenté nos produits à air d'alimentation à un expert de l'équipe CFD espagnole de SCHAKO. À l'aide de nombreuses petites illustrations colorées accompagnées de flèches, je lui ai expliqué tout ce dont nos produits d'alimentation en air étaient capables. Lorsqu'il a examiné notre conception de près et analysé les plans de construction correspondants, des doutes l'ont envahi, ce qui a très vite tempéré mon optimisme. « Sven, il faut qu'on simule cela et qu'on effectue des mesures ; j'ai des doutes quant à savoir si tout est bien tel que tu viens de me l'expliquer. » Et que dire ? Il avait raison !

Exemple pratique : les systèmes d'air d'alimentation – la réalité

Lorsque le technicien m'a montré ses premières analyses CFD, j'en suis resté bouche bée. Peu après avoir traversé la dernière tôle perforée, l'air frais entrant s'est déjà dispersé en éventail, formant exactement le contraire d'une couche nettement délimitée s'écoulant directement du plafond vers le sol. J'avais du mal à croire ce que je voyais dans l'analyse CFD. Le technicien a ensuite examiné notre ancienne bouche d'alimentation d'air dans le laboratoire d'écoulement à l'aide d'instruments de mesure et a rendu les flux d'air visibles à l'aide de machines à fumée. Cet examen a donné le même résultat que l'analyse CFD. C'est à ce moment-là, au plus tard, que j'ai moi aussi compris que chez REVEN, nous nous étions lourdement trompés !

Analyse CFD de notre diffuseur à jet



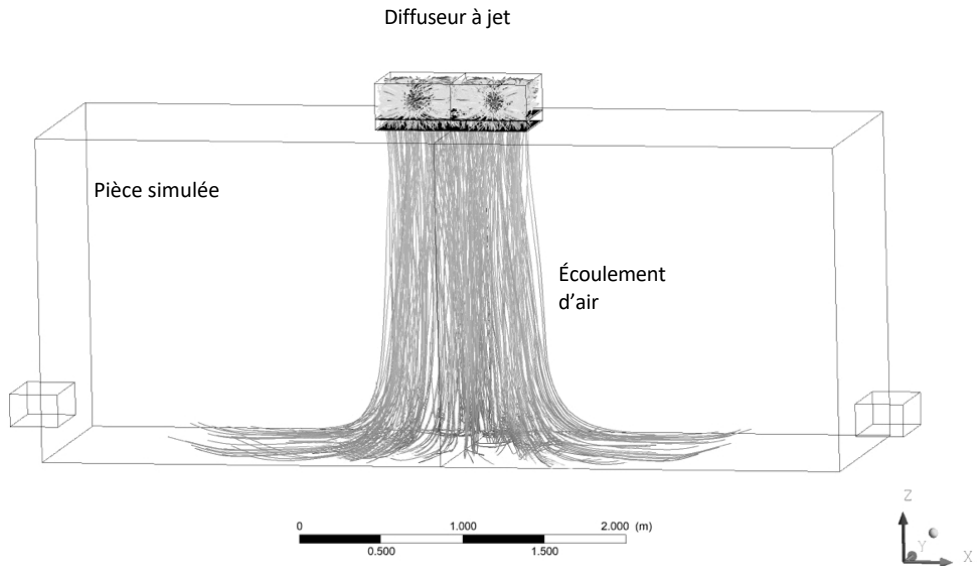
La simulation CFD montre la dispersion de l'air d'alimentation entrant par le plafond.

Figure 35

Exemple pratique : systèmes d'aération par sources d'air – l'optimisation grâce à la CFD

Fidèles à la devise « Un danger identifié est un danger écarté », nous avons alors commencé en 2017 à faire exactement ce que nous aurions dû faire dès le début. Nous avons optimisé l'efficacité de nos produits d'alimentation en air à l'aide de simulations CFD et de techniques de mesure, et avons ainsi atteint un niveau d'efficacité qui se rapproche vraiment beaucoup de l'illustration colorée avec la flèche bleue pointant du plafond vers le sol.

Optimisation de la bouche d'alimentation

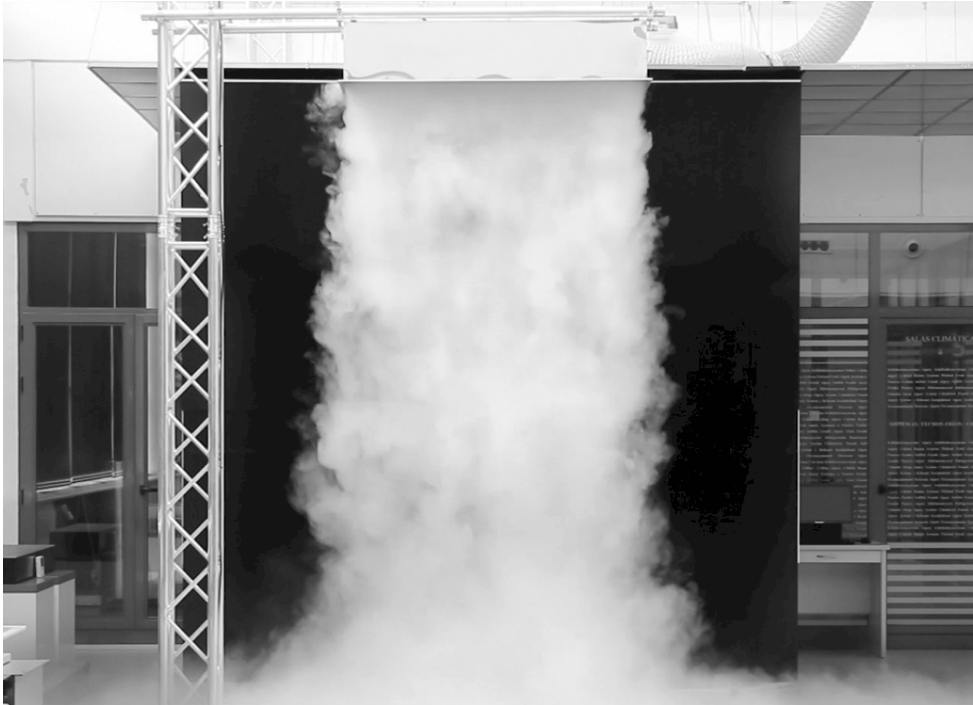


La simulation CFD montre comment l'air d'alimentation s'écoule en ligne droite du plafond vers le sol.

Figure 36

Mais pour obtenir ce tracé d'écoulement, il a fallu environ 12 mois de travail, avec de nombreuses analyses CFD et simulations d'écoulement. Le résultat final a été un système d'alimentation en air vraiment efficace, sans aucune ambiguïté. Un grand merci à l'équipe CFD de SCHAKO !

Représentation du flux d'air rendu visible dans un système d'alimentation en air efficace



Dans le laboratoire SCHAKO, l'air d'alimentation est rendu visible à l'aide d'une machine à fumée. On observe comment l'air d'alimentation insufflé s'écoule doucement vers le bas.

L'optimisation de la bouche d'alimentation à l'aide de l'analyse CFD a porté ses fruits.

Figure 37

6. Comment mesurer la pollution atmosphérique

?



Depuis de nombreuses années, tout le monde s'accorde à dire que l'air pollué est nocif pour la santé. La pandémie nous a appris à quel point l'air contaminé par des virus peut être dangereux pour notre santé. C'est pourquoi je souhaite énumérer ici les éléments susceptibles de polluer l'air. Parmi les polluants atmosphériques, on trouve notamment :

1. les virus et les bactéries

2. les particules fines, les spores fongiques et le pollen

3. Les gaz et les vapeurs

Particules et aérosols

Selon les informations de l'Organisation mondiale de la santé (OMS), la pollution atmosphérique a, à l'échelle mondiale, les effets négatifs les plus importants sur la santé humaine. C'est pourquoi la norme dite « PM » a été définie aux États-Unis en 1987. PM signifie « Particulate Matter » (matières particulaires) et désigne la proportion de particules solides ou liquides présentes dans l'air. Ces particules solides ou liquides font souvent partie des aérosols. Par conséquent, les aérosols sont un mélange d'air et de particules. Là encore, il existe souvent des malentendus et ces termes sont confondus.

Malentendu

« Aérosol » est un autre mot pour désigner les particules.

Une particule en suspension dans l'air ne constitue pas à elle seule un aérosol ; celui-ci ne se forme qu'en combinaison avec l'air ambiant. La mention PM10 désigne donc la présence dans l'air de particules minuscules d'un diamètre inférieur ou égal à 10 micromètres (0,01 millimètre). À titre de comparaison, un cheveu humain a un diamètre d'environ 50 à 80 micromètres (0,05 à 0,08 mm). Il convient de noter que ces particules PM10 en suspension peuvent être constituées aussi bien de grains de poussière solides que de petites gouttelettes d'huile liquides. En termes simples, cela signifie qu'un aérosol est toujours composé de gaz, le plus souvent de l'air, et d'une particule solide ou liquide en suspension dans l'air.

Taille et composition d'un aérosol

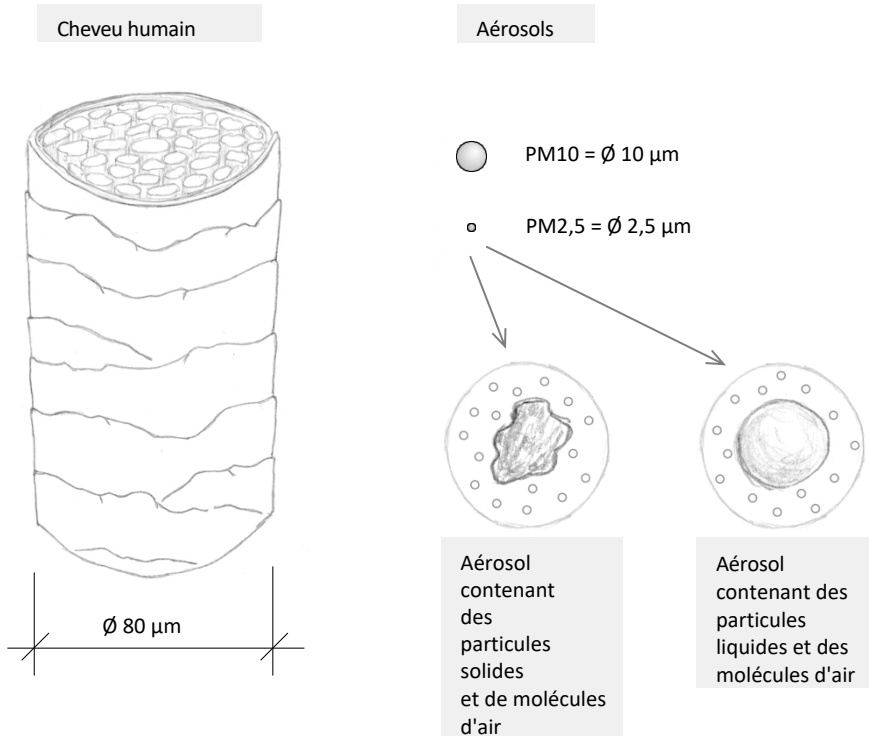


Figure 38

Les termes PM_{10} ou $\text{PM}_{2,5}$ font référence à la taille des particules. Le chiffre indique le diamètre en micromètres. Là encore, il faut veiller à éviter tout malentendu !

Malentendu

Les données relatives aux PM permettent de déduire la forme et la taille réelles d'une particule.

L'indication d'un diamètre suppose en réalité la géométrie d'une sphère. Mais comment est-ce possible ? Les grains de poussière, les grains de sable, les virus et tous les autres polluants atmosphériques ont-ils toujours la forme d'une sphère ? Bien sûr que non ! Souvent, ces particules ont une forme tout à fait différente !

Correspondance entre les valeurs PM et les différentes particules

Mais comment toutes ces particules peuvent-elles alors être définies par un diamètre PM10, PM2,5 ou PM1 ? Cela est possible grâce à une astuce : on compare simplement les particules réelles, qui ont une géométrie quelconque, à des particules de forme sphérique qui présentent, dans l'air, le même comportement que les particules réelles. On tient compte, par exemple, du comportement en écoulement, mais aussi du comportement de diffusion et de la densité des particules. On cherche alors quelle particule de forme géométrique sphérique présente, sur ces points, le même comportement que la particule réelle. La particule sphérique présentant le même comportement en matière d'écoulement et de diffusion peut ainsi être définie comme PM10, PM2,5 ou PM1. Le diamètre ainsi déterminé est également appelé « diamètre aérodynamique » en science.

Types, formes et tailles des particules

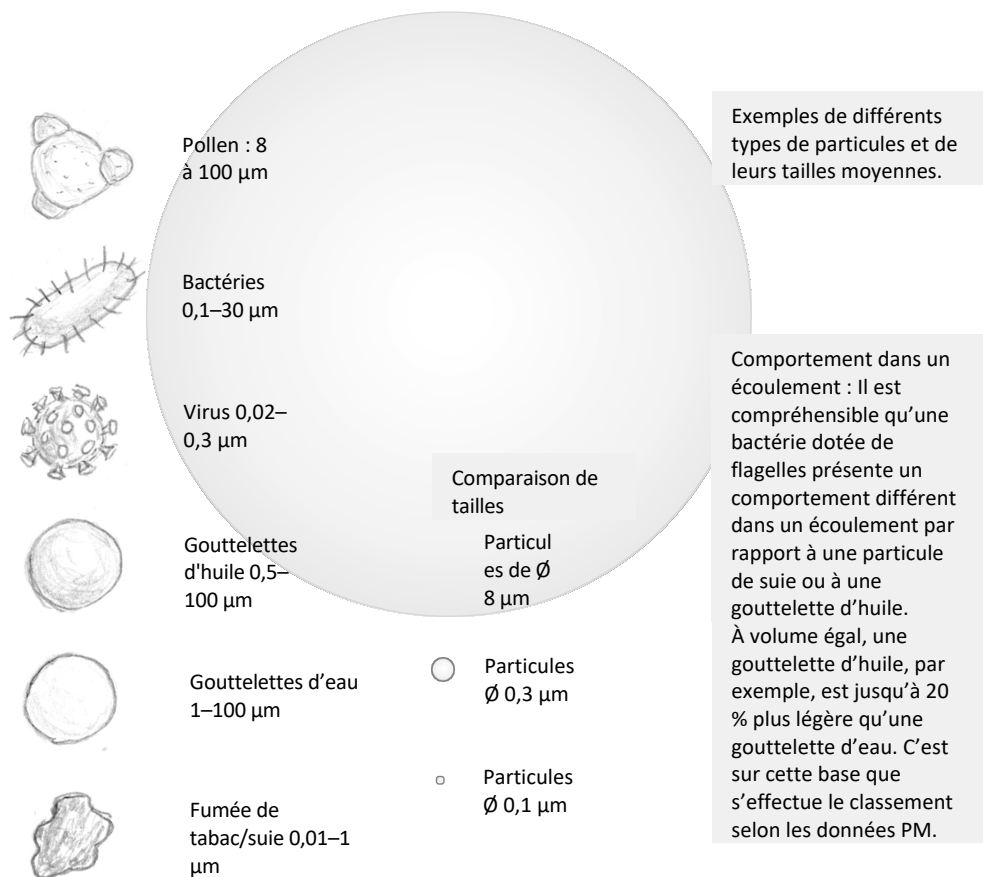


Figure 39

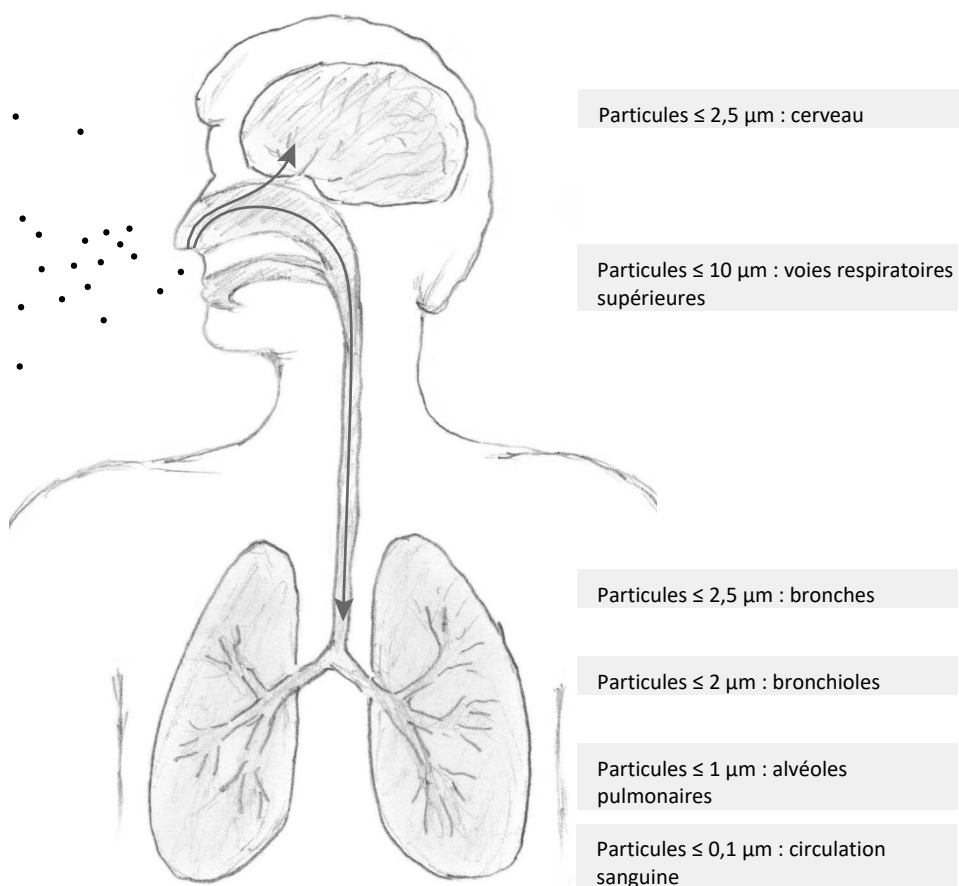
Les particules PM10 peuvent être inhalées

Lorsque des normes relatives à la pollution atmosphérique ont été définies aux États-Unis en 1987, on a d'abord commencé à étudier la pollution atmosphérique dans la gamme des PM10, c'est-à-dire les particules d'un diamètre inférieur ou égal à 10 micromètres. Pourquoi cette gamme de tailles ? Parce que les particules de cette taille ne sont plus filtrées ni retenues par la bouche et le nez lors de l'inhalation. Elles atteignent les poumons.

Les particules PM2,5 parviennent jusqu'aux alvéoles pulmonaires

Entre-temps, cette gamme a été restreinte aux PM2,5. Là encore, la protection de la santé a joué un rôle déterminant : les particules de moins de 2,5 micromètres peuvent pénétrer jusqu'à nos alvéoles pulmonaires. Si la pollution atmosphérique peut s'infiltrer jusqu'au plus profond de notre corps, on imagine aisément les effets néfastes qu'elle peut avoir sur notre santé.

Absorption des particules par inhalation



Il est désormais bien établi que les particules PM10 peuvent causer des dommages dans les voies respiratoires supérieures et que les particules PM2,5 peuvent en causer dans les voies respiratoires inférieures. Selon des études récentes, les particules dont la taille est inférieure à $2,5 \mu\text{m}$, atteindre directement le cerveau via le nerf olfactif ou la circulation sanguine et y altérer les capacités cognitives.

Récemment, l'une des personnes que j'ai interviewées dans mon nouveau podcast « Luftpost » a résumé la situation ainsi :

« Ce que nous respirons à l'intérieur d'un site de production, ce sont souvent des substances qui n'appartiennent pas à notre corps et qui ne devraient pas y pénétrer ! »

Mais là encore, il existe de grands malentendus en matière de technique de ventilation et de qualité de l'air !

6.1. Le malentendu concernant la qualité de l'air intérieur

Après plus de deux décennies d'activité dans notre secteur, je ne comprends toujours pas pourquoi il existe des malentendus aussi graves concernant la qualité de l'air intérieur. Pour des raisons inexplicables, les gens partent toujours du principe que l'air qui les entoure à l'intérieur est d'une qualité acceptable et exempt de pollution notable.

Idée fausse

La qualité de l'air intérieur est généralement sans danger.

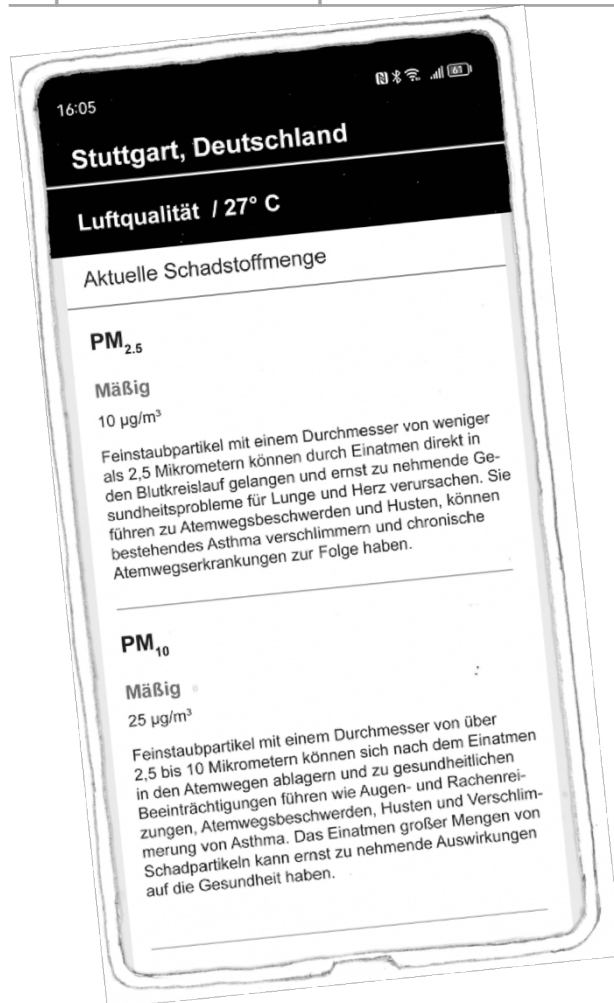
Depuis plus d'une décennie, nous nous engageons à sensibiliser le public à ce sujet, mais nous ne parvenons guère à nous faire entendre. Nous sommes souvent confrontés à des regards perplexes, qui trahissent une certaine incrédulité face à nos explications ! Pourquoi en est-il ainsi ? Sur quoi souhaitons-nous sensibiliser le public ? Il s'agit en réalité d'une question assez simple, à savoir la gestion de la pollution atmosphérique dans les grandes villes allemandes par rapport à celle de la pollution de l'air intérieur.

Mesure des particules fines dans les grandes villes

Dans nos grandes villes, on parle de pollution atmosphérique et on envisage des restrictions de circulation lorsque la valeur limite de 50 pour les particules fines PM10 est dépassée pendant une période prolongée. Pour déterminer ces valeurs, on mesure, à un point de mesure situé en ville, la quantité de particules fines PM10 contenue dans un mètre cube d'air.

En termes simples : on dispose d'un volume d'air urbain d'un mètre cube et, à l'aide d'une technique de mesure appropriée, on peut déterminer le nombre de particules fines d'un diamètre de 10 micromètres ou moins contenues dans ce mètre cube d'air urbain. Le diamètre de la particule permet de calculer son volume, sa densité permet de déterminer son poids et, à partir du nombre mesuré, on calcule le poids total des polluants présents dans un mètre cube d'air urbain. Ce poids total est exprimé en microgrammes.

Importance de la qualité de l'air extérieur



L'importance croissante de la qualité de l'air se reflète dans la liste détaillée des polluants proposée par les applications météo actuelles.

Les valeurs actuelles de la ville saisie y sont affichées, accompagnées d'une explication sur les effets potentiels de ces polluants.

Exemple :
Stuttgart, le 14
juillet 2023
à 16 h 05 **PM10** :

25 µg/m³ PM_{2,5} :

10 µg/m³

Figure 41

Valeurs limites actuelles de la pollution atmosphérique en milieu extérieur

Si l'on obtient par exemple un poids total de 20 microgrammes, il s'agit, selon les normes de l'OMS, d'une faible pollution atmosphérique et donc d'une qualité de l'air acceptable. Ainsi, la directive européenne sur les particules fines stipule par exemple que la moyenne journalière des particules fines PM10 est de 50 microgrammes par mètre cube d'air urbain et ne doit pas être dépassée plus de 35 jours par an.

Efforts mondiaux visant à abaisser les valeurs limites

Partout dans le monde, des discussions et des efforts sont actuellement en cours pour abaisser encore ces limites, par exemple à 40 microgrammes de particules fines par mètre cube. De même, l'attention accrue portée aux particules PM2,5 plutôt qu'aux particules PM10 occupe une place de plus en plus centrale à l'échelle mondiale. Voilà pour la situation dans les grandes villes.

Pollution de l'air intérieur

Qu'en est-il, en comparaison, à l'intérieur des bâtiments ? C'est-à-dire dans des locaux où l'on cuisine, par exemple, ou où des machines-outils modernes usinent des pièces métalliques.

Exemple pratique : mesures en intérieur

Chez REVEN GmbH, nous mesurons régulièrement la pollution de l'air à l'intérieur des bâtiments. Comment procédons-nous ? En utilisant exactement la même technique de mesure et la même méthode que celles décrites précédemment pour les mesures en centre-ville. Nous mesurons le nombre de particules polluantes présentes dans un mètre cube d'air ambiant, par exemple dans un atelier de fabrication ou dans la grande cuisine d'un hôtel.

Le résultat ainsi obtenu donne un indice de qualité de l'air de, par exemple, 10 000, 50 000 ou 100 000. Ce sont des ordres de grandeur tout à fait différents de ceux observés en ville ! Nous avons même déjà dû présenter à nos clients un résultat de mesure de 500 000 ! Cela signifie qu'un mètre cube d'air ambiant contient jusqu'à 500 000 microgrammes de particules polluantes ! Et ce n'est vraiment pas rare dans les locaux de production !

Recommandations officielles concernant les valeurs limites dans le secteur de la construction mécanique

L'examen des directives et normes pertinentes montre également clairement que de telles concentrations élevées de polluants ne sont pas rares. Ainsi, les directives officielles formulent la recommandation suivante pour la construction mécanique :

Pour les lubrifiants de refroidissement miscibles à l'eau utilisés dans l'usinage des métaux ainsi que dans le traitement du verre et de la céramique, une valeur limite de 10 milligrammes de ces substances par mètre cube d'air ambiant est indiquée, de même que pour les lubrifiants de refroidissement non miscibles à l'eau dont le point d'éclair est inférieur à 100 degrés Celsius.

Ces 10 milligrammes correspondent à un indice de qualité de l'air de 10 000 dans les grandes villes ! Si une telle valeur était mesurée pendant une semaine dans le centre-ville de Stuttgart, aucune voiture ne serait plus autorisée à circuler pendant la journée et tous les médias en parleraient dans tout le pays.

Comparaison des valeurs limites pour les particules polluantes (PM₁₀)

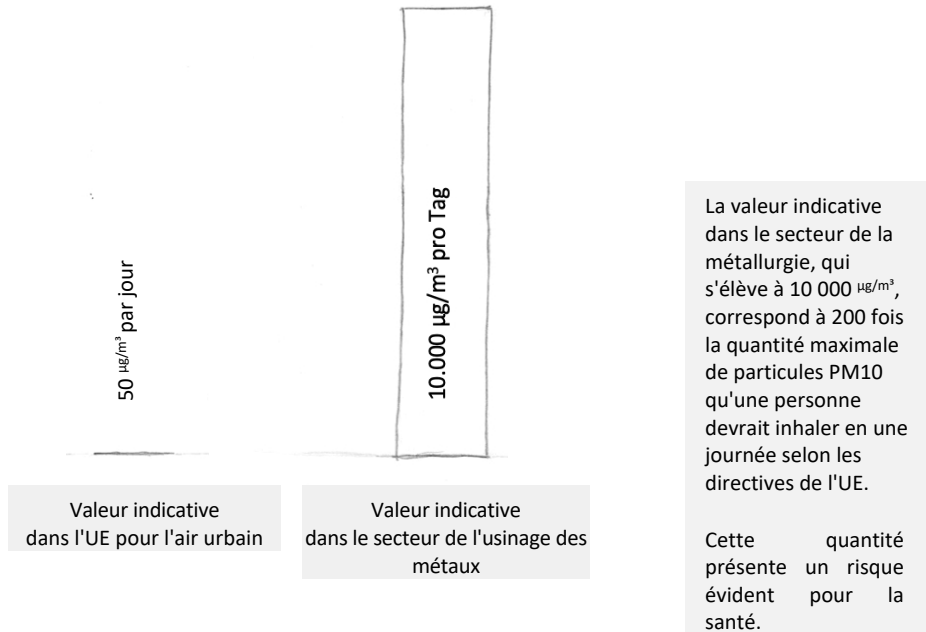


Illustration 42

En revanche, si l'on mesure une telle pollution de l'air dans une entreprise de construction mécanique ou dans la cuisine d'un hôtel, cela n'intéresse pratiquement personne. Même les représentants de ces secteurs n'accordent pas beaucoup d'attention à ce sujet. Bien au contraire : contre toute raison, ces conditions sont passées sous silence, car y remédier coûterait de l'argent.

Importance des résultats de mesure pour les salariés

Pour rappel : la directive européenne sur les particules fines stipule que la moyenne journalière des particules PM10 doit être de 50 microgrammes par mètre cube d'air urbain et ne peut être dépassée que pendant 35 jours au maximum par an.

Si l'on mesure les 10 milligrammes susmentionnés dans une usine de construction mécanique, cela signifie pour les salariés de cette usine qu'ils doivent travailler environ 200 jours par an dans un environnement où la concentration en polluants atteint au maximum 10 000 microgrammes.

Conclusion tirée de la pratique

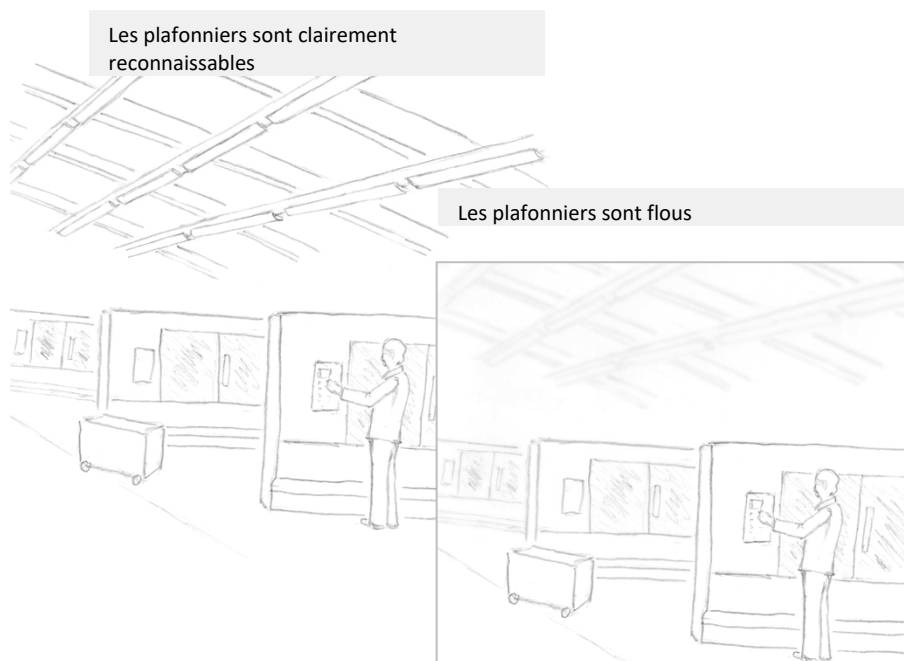
Au cours des 20 dernières années, nous avons effectué des milliers et des milliers de mesures de la pollution de l'air intérieur à travers le monde. Nous nous sommes rendus dans des sites de production de toutes sortes, où sont fabriqués les produits les plus divers à partir des matériaux les plus variés. Cependant, toutes nos mesures ont systématiquement mis en évidence ce qui suit :

Chaque fois que l'air était visible, nous avons mesuré dans un mètre cube d'air intérieur des concentrations de polluants supérieures à 10 000 microgrammes.

Une méthode simple pour évaluer la qualité de l'air

À l'avenir, vous pourrez peut-être évaluer vous-même la qualité de l'air ! Si vous vous trouvez dans un local de production – qu'il s'agisse d'une cuisine d'hôtel, d'un site de production de l'industrie agroalimentaire ou de la construction mécanique – et que vous constatez que l'air ne semble plus limpide, mais rappelle plutôt la brume matinale en automne, cela signifie que la concentration de polluants dans l'air est d'au moins 10 000 microgrammes par mètre cube. Le moyen le plus simple de le constater est de regarder en direction de l'éclairage de la pièce ! Si vous voyez le luminaire avec des contours nets et précis et que l'air autour de celui-ci est invisible, alors tout va bien. En revanche, dès que vous ne pouvez plus distinguer clairement le luminaire, car une brume diffuse se forme autour de celui-ci, vous pouvez être sûr que l'indice de qualité de l'air dans cette pièce avoisine les 10 000 !

Évaluation simple de la qualité de l'air



Si les plafonniers d'une pièce ne sont pas clairement visibles, le niveau de pollution de l'air est très élevé et s'élève à environ $10\,000\ \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Figure 43

Écart entre l'évaluation de la qualité de l'air extérieur et celle de l'air intérieur

Cette comparaison avec la pollution atmosphérique, qui fait l'objet d'intenses débats dans les centres-villes allemands, met en évidence l'écart qui suscite des regards étonnés et perplexes lorsqu'il s'agit de l'air intérieur. On nous demande alors souvent comment justifier de telles différences.

À notre avis, elles ne sont tout simplement pas justifiables. Toutes les tentatives d'explication des responsables ne sont que des prétextes fallacieux visant à éviter des investissements urgents et indispensables.

Personne n'a tout simplement « à l'esprit » les risques que cela entraîne pour toutes les personnes concernées. Des concentrations de particules ultrafines, considérées à l'extérieur comme gravement nocives pour la santé, sont-elles jugées encore acceptables à l'intérieur, alors qu'elles sont 200 fois plus élevées ? Qui assumera la responsabilité de ce danger à l'avenir ?

Les fabricants de systèmes de ventilation doivent changer leur façon de penser

Nous aussi, fabricants de systèmes de ventilation et de purificateurs d'air, devons nous pencher sur cette problématique ! Pourquoi ? Parce que, dans notre secteur également, il existe des centaines de fabricants de systèmes de ventilation destinés aux cuisines professionnelles ou aux entreprises de construction mécanique qui ne disposent même pas des techniques de mesure les plus élémentaires pour pouvoir, ne serait-ce que sommairement, mesurer et analyser ces pollutions atmosphériques.

Pourtant, ils proposent parallèlement des produits de purification de l'air censés aérer les pièces et débarrasser l'air ambiant des polluants.

La norme DIN EN 16282 relative à la ventilation des cuisines

Il existe désormais une « norme relative à la ventilation des cuisines » pour les systèmes de ventilation des cuisines professionnelles, la norme DIN EN 16282, qui s'applique presque partout en Europe. Celle-ci exige que, dans les cuisines industrielles, toutes les substances nocives soient captées, aspirées, puis séparées du flux d'air évacué, comme nous l'avons vu dans les chapitres précédents.

Si ces deux étapes sont réussies, c'est-à-dire la capture et l'aspiration ainsi que la séparation des substances nocives du flux d'air évacué, on dispose alors

- a) un système de ventilation vraiment performant, moderne et efficace, ainsi qu'
- b) une bonne qualité de l'air avec une très faible concentration en polluants dans les pièces.

Absence de contrôle de la mise en œuvre

Voici maintenant la question que je vous pose : selon vous, dans combien de cuisines professionnelles nouvellement installées le respect de la norme est-il vérifié lors de la mise en service ? À peu près aussi souvent que la consommation de carburant indiquée pour les véhicules neufs ? Ou aussi souvent que la consommation électrique des nouvelles pompes à chaleur ?

Sur 1 000 systèmes de ventilation de cuisine professionnelle nouvellement installés, cela n'est vérifié que dans moins de dix cas !

Exemple concret

J'ai déjà constaté à plusieurs reprises que des concurrents s'adressaient à nous lorsqu'un maître d'ouvrage insistait pour que ce contrôle soit effectué, et nous demandaient de réaliser les mesures à leur place, car ils ne disposaient pas eux-mêmes de l'équipement de mesure nécessaire !

L'ozone – un exemple de pollution atmosphérique par les gaz

En matière de pollution atmosphérique par les gaz, nous sommes confrontés à une situation tout à fait similaire et observons ici aussi le même phénomène. Je voudrais illustrer cela à l'aide de l'exemple de l'ozone. Nous avons déjà évoqué le potentiel de danger de l'ozone au chapitre 4. Dans de nombreux pays européens, la valeur limite pour l'ozone à l'intérieur des bâtiments reste fixée à 200 microgrammes par mètre cube d'air ambiant au maximum. C'était également la valeur limite en vigueur jusqu'à présent en Allemagne, mais celle-ci a depuis été supprimée. En Suisse, cette valeur limite est toutefois toujours en vigueur. Selon les critères de classification des substances cancérigènes de la Communauté allemande de recherche (DFG), l'ozone est classé comme une substance encore insuffisamment étudiée, mais soupçonnée de provoquer le cancer chez l'homme.

Application météo indiquant une forte concentration d'ozone à l'extérieur



Dans l'application météo, les concentrations les plus élevées de polluants sont affichées en premier. L'ozone figure ici en tête avec une valeur de 104 µg/m³. Cette concentration dépasse la moyenne sur 8 heures recommandée par l'OMS (voir fig. 29).

Exemple : Hoyerswerda,
le 20 août 2023
à 9 h 55

o₃ : 104 µg/m³

Figure 44

Ozone – Valeurs limites en milieu extérieur

L'Agence fédérale allemande pour l'environnement fournit des informations sur la valeur limite en milieu extérieur et les risques pour la santé. Elle met en garde contre le fait que la présence d'ozone dans l'air peut entraîner une diminution de la fonction pulmonaire, des réactions inflammatoires au niveau des voies respiratoires et des troubles respiratoires. La

valeur limite de 180 microgrammes d’ozone par mètre cube d’air urbain. Cette valeur est qualifiée de « seuil d’information ». Si la concentration dépasse cette valeur, des recommandations de comportement et des alertes sont diffusées à la population par les médias. À une concentration de 240 microgrammes d’ozone par mètre cube d’air urbain, le seuil d’alerte est dépassé et l’alerte est déclenchée. Il convient par ailleurs de noter que les concentrations d’ozone à l’extérieur ne doivent pas dépasser une valeur de 120 microgrammes par mètre cube d’air urbain, en moyenne sur huit heures, pendant au maximum 25 jours de l’année civile.

Ozone – valeurs limites dans le domaine de la ventilation des cuisines

Actuellement, les experts en ventilation de cuisine indiquent toutefois toujours une valeur limite admissible de 20 000 microgrammes d’ozone par mètre cube d’air. Cette information trouve également son origine dans la norme européenne DIN EN 16282, un référentiel à l’élaboration duquel de nombreuses associations industrielles nationales ont également contribué. Malheur à celui qui y voit du mal !

Cette norme précise que la concentration d’ozone dans l’air évacué d’une cuisine professionnelle ne doit pas dépasser 10 ppm. À une pression atmosphérique de 1 013 hectopascals et une température de 20 degrés Celsius, ces 10 ppm d’ozone indiqués correspondent assez précisément à une valeur limite de 20 000 microgrammes d’ozone par mètre cube d’air (voir fig. 29).

Ozone – des divergences qui parlent d’elles-mêmes

Je pense que les différences mises en évidence dans cet exemple concernant l’évaluation de la qualité de l’air intérieur et extérieur parlent d’elles-mêmes et ne nécessitent pas d’explications supplémentaires. En réalité, dans ce cas également, tout le monde devrait savoir clairement ce qu’il convient de faire, à savoir éviter totalement la formation d’ozone, que ce soit à l’intérieur ou à l’extérieur !

Cependant, pour atteindre cet objectif, la pollution atmosphérique doit être mesurée et analysée. Nous verrons tout à l’heure comment y parvenir.

6.2. Les mesures de particules rendent la pollution atmosphérique visible !

Quelle technique de mesure permet de mesurer les polluants dans l'air ? Quelle technique de mesure permet de démontrer l'efficacité d'un système de ventilation ? En réalité, ce n'est pas compliqué et cela a déjà été décrit au chapitre 3. Pour déterminer avec précision la concentration en polluants dans l'air, il est recommandé d'utiliser

- a) d'utiliser une technique de mesure des particules et des aérosols ainsi qu'
- b) un détecteur à ionisation de flamme (FID)

Nous avons déjà décrit en détail les appareils de mesure FID au chapitre 3. Les appareils de mesure des particules et des aérosols constituent depuis longtemps l'état de l'art dans le domaine des salles blanches. Depuis des décennies déjà, il n'existe plus aucune salle d'opération dans un hôpital ni aucune salle de production de microprocesseurs où l'on n'utilise pas, lors de la mise en service du système de ventilation, des compteurs de particules pour vérifier le bon fonctionnement de celui-ci. En substance, cela permet tout simplement de prouver que l'air ambiant d'une telle salle blanche est réellement pur et exempt de particules, même les plus infimes. C'est à cela que sert le compteur de particules.

Comment les particules sont-elles mesurées ?

Grâce à un système optique complexe et à l'aide de faisceaux laser, les compteurs de particules permettent d'analyser la présence de particules infimes dans l'air ambiant. Ce faisant, ils comptent le nombre de particules et en examinent simultanément la taille, c'est-à-dire qu'ils déterminent leur diamètre aérodynamique.

Compteur de particules mobile

Compteur de particules mobile alimenté par batterie, doté d'un système de mesure par diffusion de lumière et d'un enregistrement des données, pour la mesure en temps réel des masses d'aérosols

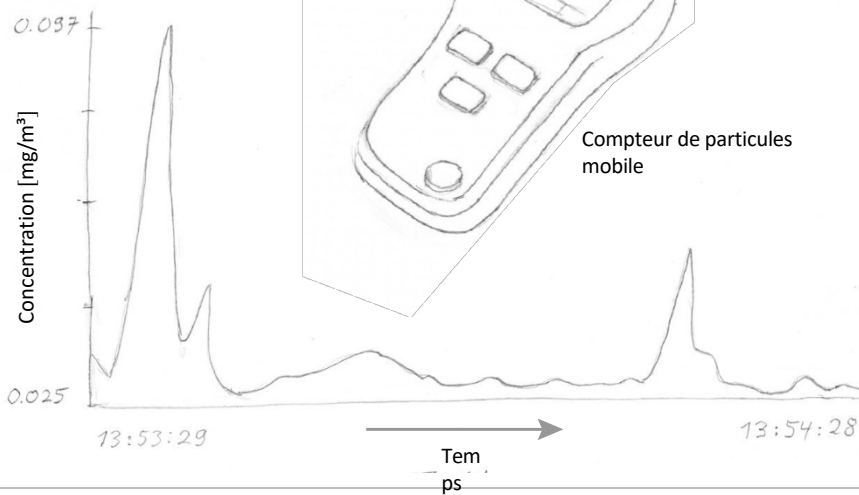


Figure 45

La technique de mesure des particules doit être adaptée à la situation

Tout comme dans les salles blanches, il est possible d'analyser l'air ambiant et de déterminer la présence de particules dans les sites de production, les cuisines professionnelles ou les ateliers de construction mécanique. En principe, il s'agit exactement de la même procédure, à une différence majeure près :

le nombre de particules diffère considérablement de celui des salles blanches ! Alors que dans les salles blanches, il s'agit de vérifier s'il y a ou non des particules PM₁₀ dans l'air ambiant, dans l'air ambiant d'une cuisine ou d'un site de production, on mesure le nombre de particules présentes dans un mètre cube d'air ambiant. Il s'agit alors souvent de

dix mille fois plus, voire davantage, que dans une salle blanche ! Les compteurs de particules doivent être adaptés à ces conditions, ou la technique de mesure appropriée doit être choisie.

Exemple pratique : mesure des particules par dilution de l'air

Il y a 25 ans, lorsque nous avons effectué les premières mesures de particules dans des locaux présentant une concentration aussi élevée, nous avons tenté d'utiliser des compteurs de particules classiques, car il n'existait à l'époque pratiquement aucune technique de mesure plus adaptée. Comme on peut l'imaginer, ces premières mesures étaient souvent invalidables, non traçables et de très mauvaise qualité, car les compteurs de particules étaient complètement dépassés par les concentrations élevées de particules. Une première approche visant à améliorer la situation a consisté à diluer de manière contrôlée l'air à analyser. Concrètement, à l'aide d'étapes de dilution appropriées, l'air à analyser était par exemple dilué 1 000 fois avec de l'air pur exempt de particules. Cet air dilué était ensuite mesuré à l'aide de compteurs de particules classiques et le résultat était extrapolé par un facteur de 1 000. Le perfectionnement parallèle des compteurs de particules a permis, par la suite, de rendre les appareils moins sensibles aux très fortes concentrations de particules et d'obtenir des résultats de mesure de plus en plus précis.

Les appareils modernes garantissent des mesures précises

Les compteurs de particules actuels sont même capables d'analyser de l'air ambiant très fortement pollué avec la même précision que celle à laquelle on est habitué depuis des décennies dans les salles blanches. Il suffit que le secteur souhaite réellement disposer de ces mesures précises et soit prêt à investir dans des technologies de mesure modernes.

Trop peu de mesures sont effectuées

À l'heure actuelle, sur le marché germanophone de la ventilation de cuisine, on compte à peine une poignée de fabricants qui utilisent une telle technologie de mesure lors de la mise en service de nouvelles installations de ventilation.

Ce n'est malheureusement pas un malentendu !

Le fonctionnement optimal des systèmes de ventilation est tout simplement considéré comme acquis, sans aucune preuve issue de mesures.

Le bon fonctionnement d'un système de ventilation, l'efficacité de la captation et de l'aspiration ainsi que la séparation et la filtration des polluants présents dans le flux d'air : tout cela est tacitement supposé et considéré comme acquis. Selon la devise : « Ça ira bien comme ça, tout ira bien. » La plupart du temps, on ne souhaite pas vraiment savoir si c'est effectivement le cas, et on ne souhaite surtout pas de transparence par le biais d'analyses et de documentation.

Pour obtenir une qualité de l'air optimale, les techniques de mesure sont indispensables

Nous avons expliqué en détail dans les chapitres précédents à quel point les tâches liées à la ventilation, telles que l'aspiration, le filtrage, la séparation et l'apport d'air frais, sont en réalité complexes. C'est pourquoi la technique de mesure est indispensable pour prouver que l'air ambiant est réellement exempt de polluants. Il n'y a aucune excuse pour ne pas recourir régulièrement à cette technique de mesure.

Absence de preuves de mesure pour les purificateurs d'air à ozone

De même, un équipement de mesure adapté permet de détecter des gaz dangereux tels que l'ozone. Mais là encore, on constate la même attitude que pour les techniques de mesure des particules décrites ci-dessus : parmi les milliers de fournisseurs de purificateurs d'air à ozone, vous n'en trouverez pratiquement aucun capable de vous fournir, à l'aide d'un équipement de mesure adapté, la preuve que ses produits ne causent pas plus de dommages que d'avantages du fait de l'ozone produit.

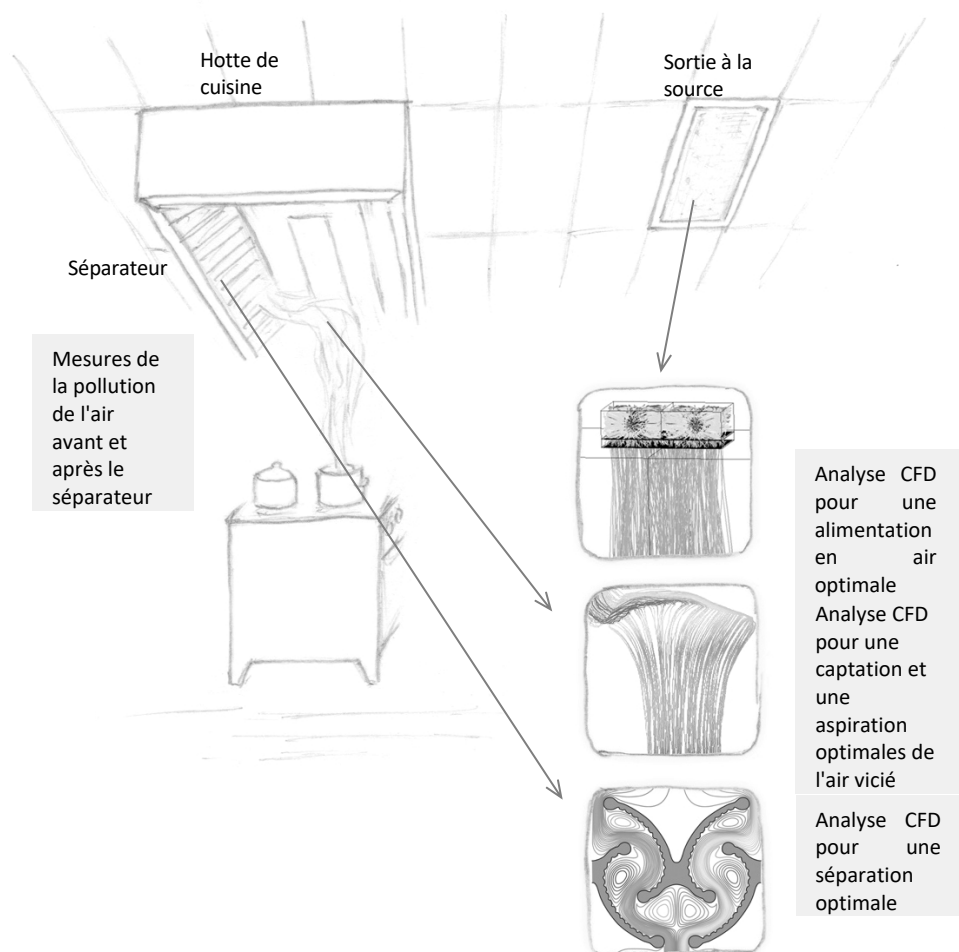
Une technologie de ventilation sérieuse repose sur des bases scientifiques

Comme dans les chapitres précédents, on constate ici encore qu'un développement de produits sérieux dans le domaine de la ventilation et de la purification de l'air nécessite une approche scientifiquement fondée. Les promesses grandiloquentes contenues dans des brochures publicitaires au design attrayant peuvent trop souvent laisser croire le contraire dans notre secteur. Restez impérativement vigilant et remettez en question de telles promesses.

Conclusion

J'espère que mes remarques ont permis de vous sensibiliser à ce sujet et de vous fournir quelques informations intéressantes. La boucle est désormais bouclée : de la capture et de l'aspiration efficaces abordées au chapitre 1 aux techniques de mesure appropriées pour déterminer l'efficacité des systèmes de ventilation et de purification de l'air présentées au chapitre 6, nous avons tout passé en revue.

Une technique de ventilation scientifiquement fondée



Chez Rentschler REVEN, le fonctionnement des systèmes de ventilation de cuisine est contrôlé et optimisé à l'aide de méthodes scientifiquement fondées.

Figure 46

Conclusion

Vous avez désormais lu tous les chapitres de cet ouvrage, issus à l'origine de notre podcast

« Idées reçues sur la ventilation et la qualité de l'air ». J'espère avoir pu vous donner quelques pistes de réflexion. Un concurrent a récemment critiqué le contenu du podcast. Selon lui, l'ensemble serait trop superficiel et il en attendait davantage de ma part. Comme je l'ai déjà mentionné ailleurs, mon objectif était de rendre les thèmes liés à la ventilation et à la qualité de l'air facilement accessibles et aussi divertissants que possible. Je ne souhaitais pas rédiger un article scientifique. Les thèmes de notre secteur de la ventilation relèvent plutôt de niches qui n'intéressent pas le grand public. C'est pourquoi il était important pour moi d'expliquer les idées reçues de manière simple et compréhensible, même aux personnes étrangères à ce secteur. J'espère y être parvenu.

C'est en nous inspirant de ce podcast que nous avons rédigé cet ouvrage. Il contient de nombreuses illustrations intéressantes qui viennent étayer visuellement les différentes informations.

Il me tient à cœur de rendre notre secteur attractif pour la relève, car la qualité de l'air est un sujet important et le restera à l'avenir. C'est pourquoi il convient d'aborder cette thématique avec soin et sens des responsabilités.

Mes collègues du service commercial emporteront désormais cet ouvrage avec eux et se feront un plaisir de vous en remettre un exemplaire pour illustrer les différents sujets lorsque vous discuterez avec eux de nouveaux projets, de nouveaux processus et de nouvelles planifications. Car nous voulons que nos technologies et nos produits soient compris !

En guise de remerciement aux auditeurs et auditrices de notre podcast, nous offrons gratuitement ce livre qui vient de paraître.

Parallèlement à notre projet de livre, nous proposons désormais un nouveau podcast intitulé « Luftpost ».



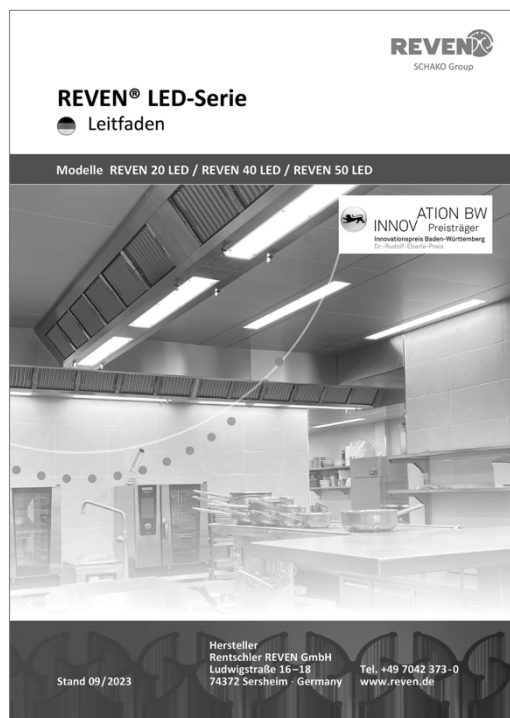
Cette nouvelle série de podcasts est consacrée à la qualité de l'air. J'y présente des personnes et des entreprises qui s'intéressent aux thèmes de la purification de l'air et des techniques de ventilation. À cette occasion, j'interviewe des acteurs issus des secteurs les plus divers et nous discutons des technologies. J'ai choisi ce titre en raison de l'association qu'il suscite. Autrefois, les nouvelles et les communications étaient souvent envoyées par courrier aérien. Je souhaite transmettre dans mon podcast « Luftpost » les dernières actualités sur la qualité de l'air et un environnement sain.

Vous le trouverez via le lien **reven.news/luftpost** ; les premiers épisodes sont en ligne.

Si vous faites vous-même partie des acteurs du secteur de la ventilation ou de la protection de la qualité de l'air, nous pouvons volontiers concevoir ensemble un épisode du podcast. Je me ferai un plaisir de me rendre chez vous à cette occasion. N'hésitez pas à me contacter à l'adresse **marketing@reven.de**.

À découvrir chez REVEN

Le guide des luminaires LED



On sous-estime souvent l'importance d'un bon éclairage pour l'utilisation d'une pièce.

Dans les cuisines professionnelles en particulier, un éclairage adapté revêt une grande importance. C'est pourquoi des aspects tels que la luminosité, le contraste et la rendu des couleurs doivent être pris en compte lors de la conception. C'est là que notre gestion de l'éclairage offre de grands avantages.

Dans ce guide sur les LED, nous expliquons quels sont les facteurs importants pour un bon éclairage et comment les luminaires LED REVEN® répondent à ces exigences.

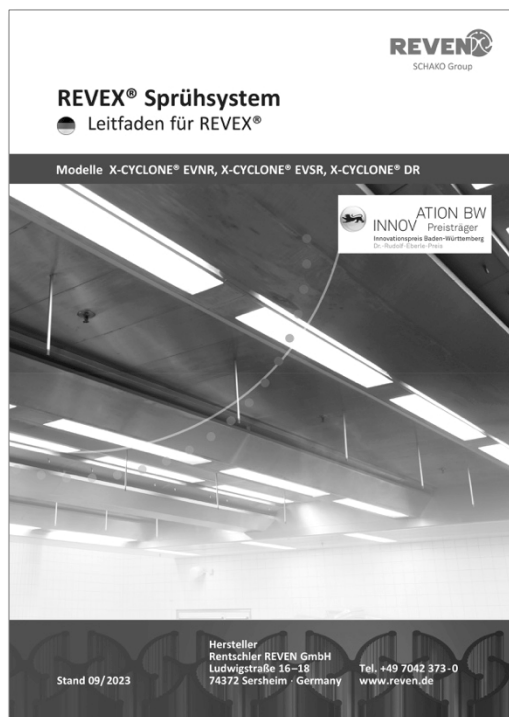
La brochure « Commande RSc »



Afin d'améliorer la rentabilité des systèmes de ventilation dans les grandes cuisines, Rentschler REVEN propose le système de régulation automatique intelligent RSc. Ce système adapte en continu les débits d'air entrant et sortant aux activités de cuisson, dans l'esprit de la norme innovante Industrie 4.0.

Dans notre brochure, vous découvrirez les détails techniques à prendre en compte lors de l'installation d'un système de commande RSc.

Le guide du système de pulvérisation REVEX®



Le thème du « nettoyage des systèmes de ventilation de cuisine » n’a souvent pas été suffisamment pris en compte par le passé.

Un nettoyage régulier, professionnel et approprié des systèmes de ventilation dans les cuisines professionnelles garantit le bon fonctionnement de l’installation, réduit le risque d’incendie et empêche la prolifération de micro-organismes à l’intérieur de l’installation. De plus, il protège la santé du personnel de cuisine.

Idées reçues sur la technique de ventilation et la qualité de l'air

Le livre

L'écho suscité par le podcast a été si important qu'il s'est presque imposé naturellement d'en faire un livre. Des retours qui parlent d'eux-mêmes :

« ... le podcast sur les flux d'air m'a donné envie d'en savoir plus... »

« ... je tiens à vous féliciter pour cet intéressant podcast

« Idées reçues sur la ventilation et la qualité de l'air » et vous remercier pour ces informations... »

« ... merci beaucoup pour ce podcast vraiment intéressant. Je serais ravi qu'il y ait une suite. Je suis chef de projet dans le domaine de la ventilation depuis plus de 20 ans et j'ai pu en tirer de nombreux enseignements pour la pratique et pour de futurs projets. Je serais ravi de pouvoir construire avec vous la prochaine installation de cuisine ... »

« ... Je tiens à vous féliciter pour ce podcast. Le sujet est très accessible, même pour des personnes comme moi qui ne maîtrisent pas le sujet en profondeur... »

« ... En tant qu'auditeur assidu de votre podcast, je souhaite profiter de cette occasion pour commander l'ouvrage spécialisé annoncé pour 2023. J'espère que d'autres épisodes seront consacrés au thème de l'air – notre denrée la plus précieuse... »

L'auteur

Sven Rentschler, ingénieur diplômé, est directeur général de la société Rentschler Reven GmbH, une PME spécialisée dans la fabrication de systèmes de purification de l'air. En tant qu'entrepreneur, il s'est fixé pour objectif de mieux faire connaître, à l'échelle mondiale, l'importance de la purification de l'air dans les secteurs industriel et commercial. Son engagement lui a valu deux brevets internationaux ainsi que le prix de l'innovation du Land de Bade-Wurtemberg. Sven Rentschler est également blogueur et conférencier sur le thème de la protection de la qualité de l'air.

Le public cible

Toute personne souhaitant savoir ce qu'il faut prendre en compte pour une ventilation et une purification de l'air optimales.

Les débutants, ceux qui souhaitent rafraîchir leurs connaissances et les professionnels du secteur de la climatisation et de la ventilation, ainsi que les personnes issues de métiers connexes, en particulier les concepteurs de systèmes de ventilation dans la construction mécanique et l'industrie agroalimentaire, les entreprises exécutantes, les experts, les installateurs et les concepteurs de cuisines équipées.

● VENTILATION ●
CLIMATISATION ● RÉFRIGÉRATION

© 2023 cci-dialog.de

cci Buch est une marque de la société cci Dialog GmbH Également disponible en livre numérique

ISBN 978-3-922420-74-3



9 783922 420743

€ 47,00 (D)