



Usinage des matériaux

Guide de choix du fluide de coupe,
du captage des brouillards d'huile
et des micropoussières



Objectif de ce document

Toute personne (salarié ou apprenti d'entreprise de la métallurgie ou de la plasturgie, élève lycéen, étudiant ou enseignant d'organismes de formation publics ou privés) qui travaille dans un atelier d'usinage de matériaux sur machines-outils peut être exposée à des polluants dangereux pour la santé. Ce guide a pour objectif de faire connaître les principaux risques chimiques et biologiques pour la santé des personnes liés à l'utilisation des fluides de coupe et de présenter les mesures de prévention à mettre en œuvre.

Le captage localisé étant encore très loin d'être généralisé, ce guide propose aux entrepreneurs des pistes concrètes pour mettre en place des protections collectives (capotage, aspiration et évacuation, etc., ventilation générale) qui permettent d'assainir l'air.



Matériaux usinés

Ils peuvent être de caractéristiques mécaniques très diverses selon le coût et l'usage de la pièce fabriquée : acier, aciers alliés (inox, inconel, ...), titane (Ti6Al4V, ...), alliages d'aluminium, ...

On usine également de plus en plus d'autres matériaux non-métalliques tels que des polymères plastiques, matériaux composites (à fibres de carbone, chargés d'autres particules chimiques, ...). La nature du matériau, de l'usinage (perçage non débouchant, ...), de l'outil et la vitesse de coupe retenus par l'entrepreneur vont nécessiter de **retenir un fluide de coupe adapté** pour obtenir la qualité de surface requise.

Aérosols de fluides aqueux de coupe et de micropoussières générés.

Deux types de fluides de coupe existent :

- les **huiles entières** insolubles (minérales ou végétales). Ces huiles ne contiennent pas d'eau et de ce fait, pas ou peu de biocides. Contrairement aux huiles végétales, les huiles minérales neuves peuvent contenir potentiellement, en fonction du degré de raffinage, des Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP) qui sont cancérogènes.
- les **fluides aqueux** obtenus par dilution d'un concentré (minérales, végétales, semi-synthétiques, synthétiques) contiennent par définition de l'eau. Les fluides aqueux sont maintenant majoritairement utilisés (2/3 des achats de fluides).

Les fluides se chargent en polluants au fur et à mesure de leur vieillissement et de façon plus ou moins importante selon leur usage.



D'après le rapport d'étude ANSES de Janvier 2012, **220 400 salariés** sont exposés aux huiles entières minérales, aux huiles synthétiques et aux fluides aqueux dans la « métallurgie et le travail des métaux », dont plus de **2 200 salariés** à une intensité d'exposition très forte.

Lors de l'application du fluide de coupe, des aérosols (appelés « brouillards d'huile ») sont produits. Ceux-ci peuvent contenir des substances chimiques constitutives du mélange ou générées (nitrosamines, métaux, ...) et des contaminants biologiques pour les fluides aqueux. La composition chimique des fluides de coupe ainsi que leur vieillissement (composés dérivés de l'échauffement pendant l'usinage, prolifération des bactéries, ...) peuvent être à l'origine d'allergies cutanées, de pathologies respiratoires.

Risque chimique

Des substances dangereuses peuvent se retrouver, au sein de la formulation des fluides de coupe (comme certains additifs, biocides, ...), se former au cours du stockage comme c'est le cas des nitrosamines ou bien au cours de l'utilisation (nitrosamines et HAP). La contamination se fait par contact cutané ou par inhalation.

Risque biologique

En ce qui concerne les contaminants biologiques, des espèces bactériennes ou fongiques peuvent être retrouvées dans les fluides aqueux. Certaines sont potentiellement pathogènes et peuvent nuire à la qualité et à la performance des fluides. Elles peuvent aussi générer des problèmes cutanés (irritations) ou respiratoires (irritations, allergies).

Les Maladies Professionnelles (MP)

Certaines affections provoquées par la mise en œuvre des fluides d'usinage peuvent être reconnues en maladies professionnelles et indemnisées (tableaux 36, 36bis, 43, 49, 49bis, 65, 66bis, 70). Voir tableau des MP sur :

www.inrs.fr/media.html?refINRS=ED%20835



Choix du fluide

Tout en tenant compte des contraintes techniques, il est important d'**analyser la composition chimique mentionnée dans la Fiche de Données de Sécurité (FDS)** et, dans le cas du choix d'un fluide aqueux, de s'assurer auprès du fournisseur que le fluide choisi est exempt de bore, de chlore, d'amines et de formaldéhyde. Il convient aussi de vérifier que son pH est modéré (de l'ordre de 9) pour limiter le caractère irritant de ceux-ci.

Les quantités de polluants générées sont très variables selon la nature du matériau, les qualités de lubrification et de refroidissement du fluide utilisé ainsi que par son mode d'application (à la pointe de l'outil par le centre des broches à très hautes vitesses de rotation (20 000 tr/mn et plus), par jets d'arrosage extérieurs) et par la pression d'application (jusqu'à 20 bars).

Les vitesses de rotation élevées, l'échauffement de la zone de coupe, la pression peuvent générer de l'écume, des brouillards, des fumées qualifiés « aérosols de fluide de coupe » ainsi que des micropoussières dangereux pour les voies respiratoires.

Certains fluides de dernière génération sont exempts d'agents chimiques dangereux pour la santé et permettent d'améliorer la coupe en réduisant l'échauffement dû au cisaillement, l'usure de l'outil, la quantité des aérosols et le relargage des microparticules.

La recommandation **R.451** indique la méthodologie de choix du fluide de coupe à retenir selon sa nature : www.ameli.fr/sites/default/files/Documents/31228/document/r451.pdf

Les bénéfices directs (coûts de remplacement des outils réduits et augmentation des durées d'utilisation du fluide entre vidanges des machines) compensent souvent le prix supérieur de ce fluide très élaboré.

Contrôles réguliers du bon état de conservation du fluide de coupe

Après la vidange et le rinçage complet du bac de la machine, une charge de fluide neuf est introduite (charge dont la concentration de fluide actif / litre de fluide aqueux est contrôlée par un dosimètre). Selon la nature du matériau à usiner, la machine et les paramètres de production retenus, la concentration

en produit actif varie classiquement entre 3 et 12%.

Ensuite, lors des appoints, la concentration du fluide introduit peut-être légèrement inférieure.

Le contrôle hebdomadaire peut être réalisé par l'entrepreneur en observant visuellement la couleur de fluide puis au moyen d'un réfractomètre.

Les autres contrôles des caractéristiques chimiques (pH, teneurs en nitrites, teneur en micro-organismes, ...) sont souvent sous-traités au fournisseur local du fluide (dans le cadre d'un contrat de maintenance). Des contrôles mensuels par exemple peuvent être convenus dans le cadre de ce contrat.

Pour des eaux chargées, un déminéralisateur (ou un osmoseur) peut être nécessaire avant mélange avec le fluide actif.

Pour augmenter encore la durée de vie du fluide de coupe, des filtres « métallique » et « papier » peuvent être installés sur le circuit du fluide afin d'en capter les particules.

Confinement des aérosols et micropoussières, captage, filtration et évacuation de l'air vicié

Après avoir choisi, essayé et validé le fluide de coupe optimal (pour la santé des travailleurs de l'atelier et l'optimisation des cycles de production), il convient de respecter les règles techniques suivantes :

- compléter le capotage (encore appelé "cartérisation") des parties de la Machine à Commande Numérique (MCN) ou du Centre d'Usinage à Commande Numérique (CUCN) restées ouvertes (en parties supérieure, inférieure, latérales, ...),
- le taux d'utilisation des machines, les quantités d'aérosols et de micropoussières émises guideront leur ordre de raccordement à un réseau d'aspiration centralisé ou au montage "d'installations individuelles" de captage et de filtration des polluants émis.

Gestion des déchets

Les fluides de coupe usagés sont classés comme déchets dangereux. Il est nécessaire de les gérer conformément à la réglementation :

- stockage, étiquetage, transport,
- collecte par une entreprise spécialisée.

Nota : prévoir une capacité de rétention répondant à la réglementation pour les fûts stockés (cf. arrêté du 2 février 1998 relatif au stockage des produits

dangereux selon leur nature).

Quelles machines faut-il équiper d'une aspiration en premier ?

Une étude mobilisant l'entrepreneur, le chef d'atelier et les opérateurs est à réaliser pour les différents îlots de machines (fraisage, tournage, rectification) de l'atelier afin de déterminer l'ordre d'application des captages. A partir de la cotation de ces paramètres :

- ✗ temps de fonctionnement de la machine,
- ✗ quantité de brouillard d'huile générée,
- ✗ facilité de raccordement à une aspiration existante,
- ✗ facilité d'intégration dans l'atelier

il est possible d'identifier les machines à traiter en priorité et la nature du captage (centralisé ou individuel) à mettre en place.

Des **schémas d'évolution possible de la configuration des raccordements des machines** au réseau d'aspiration et évacuation de l'air sont présentés en **annexe**.



Cas d'utilisation d'huiles entières

Des huiles entières sont encore employées pour certains usinages sévères (perçages non débouchant dans des aciers alliés par exemple). Leur toxicité et inflammabilité nécessitent le captage et l'évacuation à l'extérieur de leurs aérosols ; en outre, une détection d'incendie devra être installée sur la machine.



Le Service Prévention déconseille formellement le recyclage de l'air dans l'atelier (même filtré) lorsque le réseau de captage des polluants est complètement réalisé.

Détermination d'une installation efficace d'assainissement de l'air (captage et d'évacuation des polluants, compensation d'air propre)

Les règles (type de captage, débits d'extraction, etc.) à prendre en compte sont définies dans le document de référence **INRS ED 972** : www.inrs.fr/media.html?refINRS=ED%20972

L'objectif de la mise en place d'une aspiration est d'abaisser la concentration en aérosols de fluides de coupe aux postes de travail à un niveau le plus bas techniquement possible (à minima inférieure à 0,5 mg / m³ pour la fraction inhalable de l'aérosol).

Pour atteindre ce résultat, toutes les sources de pollution doivent être correctement traitées. Deux techniques de ventilation doivent être mises en œuvre conjointement : aspiration localisée avec rejet à l'extérieur et introduction d'air propre en compensation du débit extrait.

Concernant l'aspiration localisée, le capot de chaque machine doit être mis en dépression. Il convient que la prise d'air d'extraction soit placée à l'opposé des portes d'accès de l'opérateur et qu'elle soit éloignée de la zone d'usinage.

Le « calibre de l'aspiration » à installer est fonction du volume intérieur de chaque machine ; **le groupe aspirant** sur lequel seront raccordées les différentes machines devra donc être de puissance suffisante pour capter **la somme des volumes intérieurs des machines** et vaincre les pertes de charges du réseau de canalisations.

Lorsque des volumes aspirés sont importants et compte tenu des écarts de températures élevés entre l'hiver et l'été, les offres des prestataires spécialisés en ventilation doivent être complètes en proposant un dispositif d'introduction d'air propre en compensation du débit extrait. Ce dernier doit permettre d'assurer l'équilibre aéraulique et de maintenir la température intérieure de l'atelier dans une fourchette comprise entre 15 et 20°C.

Cela peut se matérialiser par une gaine suspendue au plafond de l'atelier qui diffuse l'air propre provenant de l'extérieur (à réchauffer l'hiver, à refroidir l'été).

Il est conseillé de faire référence à la brochure **INRS ED 657** dans le cahier des charges de la prestation : www.inrs.fr/media.html?refINRS=ED%20657

Une **aide technique** peut être apportée par la CARSAT Aquitaine **pour l'élaboration du cahier des charges** du réseau de captage et d'évacuation des polluants avant consultation de prestataires spécialisés en ventilation.

Les différentes offres des prestataires consultés pourront également être soumises à l'avis de la CARSAT Aquitaine pour guider l'entrepreneur dans son choix.

En raison du coût important d'un réseau complet d'aspiration et d'évacuation des polluants à l'extérieur de l'atelier, l'investissement peut être étalé sur plusieurs années.

La progression peut se faire en plusieurs étapes comme illustré dans l'annexe.



Une aide financière de la CARSAT Aquitaine peut être envisagée si les conditions le permettent. Ces conditions d'éligibilité sont consultables

sur le site internet de la CARSAT Aquitaine :
<https://entreprises.carsat-aquitaine.fr/467-les-aides-financieres.html>

Quelques « ordres de grandeur » de montant d'investissement

Le coût total d'une « installation individuelle » mise en place sur une machine est de l'ordre de 12 000 € et 15 000 € (selon son calibre).

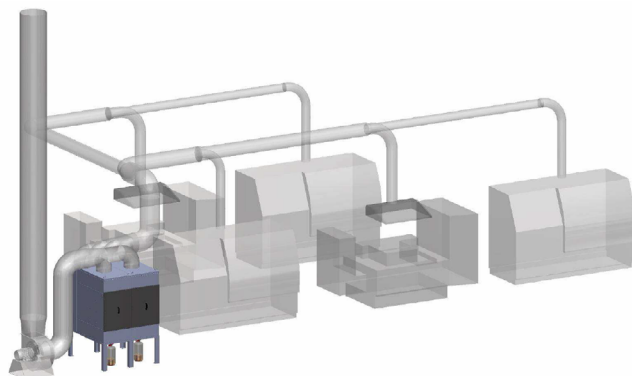
Le coût total d'un réseau complet de captage et d'évacuation de l'air vicié à l'extérieur de l'atelier est extrêmement variable. Il dépend notamment des dimensions des machines, du nombre de machines à raccorder. Le coût peut varier de 50 000 € à 200 000 € selon le cas.

L'investissement peut être réalisé par étapes, comme illustré dans l'annexe.



Réception, mise en service des installations de captage et d'évacuation des polluants

Afin de vérifier que l'installation de ventilation est conforme à la réglementation, il est recommandé à l'entrepreneur de faire appel à un Organisme de Contrôle compétent lors de sa réception.



Toutes les caractéristiques (pressions, températures, vitesses, débits, ...), dans les différentes configurations de fonctionnement possibles de l'installation, seront enregistrées dans le dossier des valeurs de référence.

Le dossier d'installation de ventilation contiendra les valeurs de références mesurées.

Ce dossier est défini dans la brochure **INRS ED 6008**
www.inrs.fr/media.html?refINRS=ED%206008

Vérifications périodiques du bon fonctionnement et de l'efficacité des installations, maintenance

Les valeurs mesurées et états constatés seront périodiquement comparés aux valeurs de référence enregistrées dans le dossier d'installation ; elles permettront de vérifier que le fonctionnement est toujours correct. Dans le cas contraire, les corrections nécessaires (nettoyages, réglages, remplacement d'éléments périmés ou défectueux ...) devront être apportées pour retrouver le fonctionnement initial et consignées dans le dossier d'installation.

Mise en service de l'installation

Dès la mise en service de celle-ci, l'entrepreneur doit constituer le dossier d'installation composé de :

- ✗ la présentation générale de l'installation,
- ✗ la notice d'instruction (avec le relevé des valeurs de référence),
- ✗ les dispositions d'utilisation et d'entretien,
- ✗ les mesures à prendre en cas de panne,
- ✗ le dossier de maintenance (résultats des contrôles périodiques).

Ce dossier doit être complet pour permettre un bon entretien ultérieur de l'installation.

Point de vigilance

Les opérations de maintenance sont parfois occultées dans certaines offres technico-commerciales de prestataires-fournisseurs, les coûts de maintenance sont aussi souvent sous-estimés. Il est important de **préciser tous ces points avant la passation de commande** et d'avoir obtenu tous les attendus (notice d'instruction, plans, valeurs de référence) avant de régler le dernier terme de paiement au prestataire-fournisseur.

La nature des interventions, la fréquence de remplacement des consommables (filtres, joints, etc.), leurs coûts doivent être connus dès l'offre.

Dans certains cas, un contrat de maintenance peut être établi entre l'entrepreneur et le fournisseur.



Prévention du risque de chute de hauteur

Lorsque des parties de la machine ou de l'installation de captage sont situées en hauteur, elles doivent être accessibles en toute sécurité pour les contrôles, l'entretien ou la recherche de défauts.

Lorsqu'un accès fréquent est nécessaire, des moyens d'accès permanents doivent être installés. Si seulement un accès occasionnel est nécessaire, des moyens de fixation d'échelles mobiles, des supports de ceinture de sécurité doivent être installés.

Autres modes d'usage existants

Nous pouvons citer l'usage :

- à l'eau : possible pour l'aluminium et ses alliages
- à sec par injection d'air froid : également possible. Technique utilisée par certaines entreprises. Ce type de refroidissement par canons d'air froid est cependant assez peu employé (pour quelques % de la production) et/ou seulement sur certaines parties de pièces.

Ces modes de refroidissement de l'outil et de la pièce, cités pour information dans ce guide, permettent d'éviter les aérosols de fluides de coupe.

Le captage et l'évacuation des micropoussières à l'extérieur de l'atelier restent cependant nécessaires.



Équipements de Protection Individuelle

Afin d'éviter les autres risques résiduels qui pourraient se produire avant, pendant ou après les opérations d'usinage des matériaux, le port d'équipements tels que :

- lunettes de sécurité,
- gants adaptés à l'opération à réaliser,
- protection auditive,
- chaussures de sécurité,
- vêtements de travail adaptés

est également recommandé, voire imposé par l'encadrement (selon les moyens et conditions de sécurité qui existent dans l'atelier).

Cahier des charges pour les nouvelles machines



L'acquisition d'une nouvelle machine est une opération importante et une occasion stratégique pour le chef d'entreprise, le chef d'atelier et leurs collaborateurs. Elle peut permettre d'améliorer un poste de travail complet ou un îlot d'usinage en réduisant les manutentions manuelles par exemple (prévention des Troubles Musculosquelettiques).

Une étude de cobotique d'alimentation en matière d'un Centre d'Usinage par exemple ou l'adjonction d'une fonction de mise en place et de remplacement des outils entre la machine et le magasin des outils sont les éléments à spécifier dès le début du projet.

Pour les machines qui ne sont pas directement raccordées à un réseau de captage centralisé, vérifier que le prix de la machine équipée d'un groupe d'aspiration-filtration n'est pas très supérieur à celui de la machine nue plus celui du groupe ajouté ultérieurement.

Les prestations de formation, de Services Après-Vente (coût des consommables, ...), les délais d'intervention et de support en ligne sont à spécifier dans le cahier des charges.

Pour les aspirations individuelles, les filtres doivent être équipés de détecteurs de colmatage et d'alarme visuelle (et sonore si possible).

Demander les éléments techniques au fournisseur pour constituer le dossier de maintenance (voir paragraphe "Maintenance", précédent) et éventuellement d'être accompagné pour son élaboration.

Exiger un rapport de vérification de conformité de la machine à la réglementation française par un organisme de contrôle qualifié avant sa mise en service.



Documents de référence

INRS ED 972 : Captage et traitement des aérosols de fluides de coupe

ANSES Rapport d'étude 2012. Les fluides de coupes - État des connaissances sur les usages, les expositions et les pratiques de gestion en France

CNAM Recommandation R.451 du Comité National de la métallurgie : Prévention des risques chimiques causés par les fluides de coupe, 2^{ème} édition, novembre 2015

INRS ED 657 : L'assainissement de l'air des locaux de travail

INRS ED 6008 : Le dossier d'installation de ventilation

Prestataires spécialisés en ventilation, assainissement des locaux de travail à pollution spécifique

La liste est disponible sur demande à :

CARSAT Aquitaine
Département des Risques Professionnels
80 avenue de la Jallère
33053 Bordeaux cedex

documentation.prevention@carsat-aquitaine.fr

Tél. : 05 56 11 64 36 ou 05 56 11 68 58

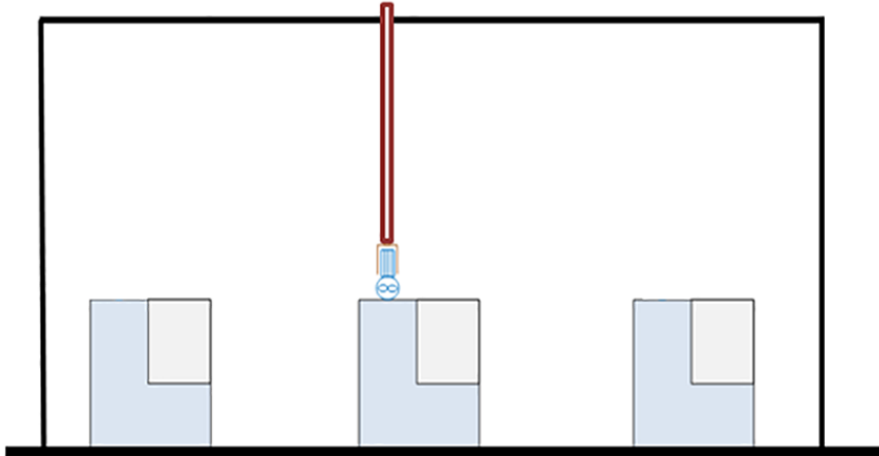


Annexe

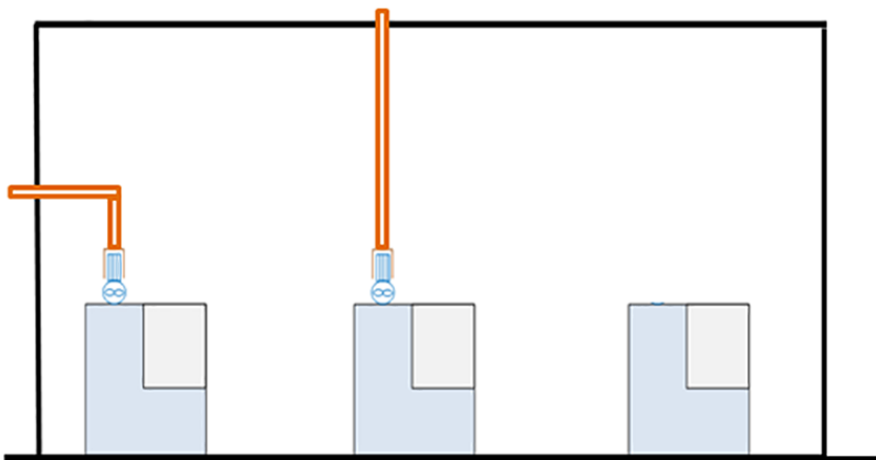
Scénarios d'extension possible du réseau de captage des brouillards d'huile

Cas des aspirations-filtrations « individuelles »

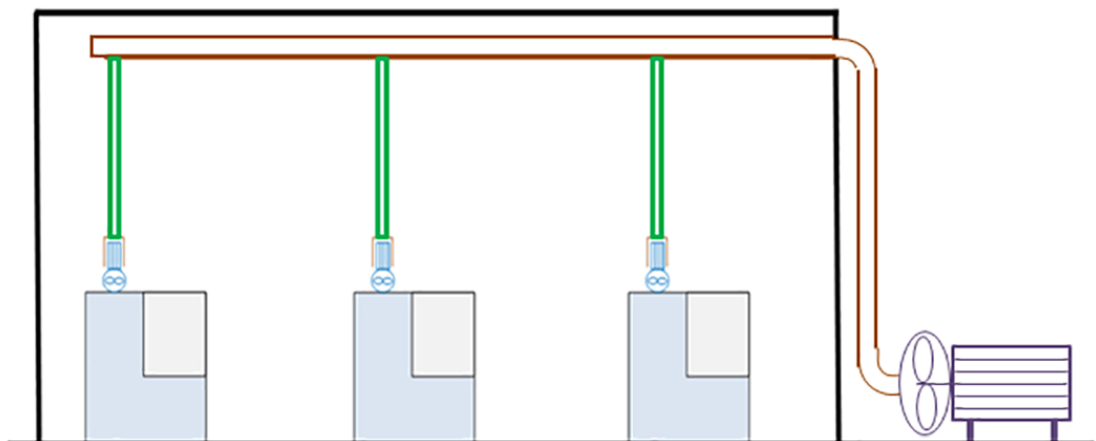
Phase 1 (aspiration sur la machine la plus « polluante ») :



Phase 2 (extension d'aspirations individuelles à d'autres machines) :

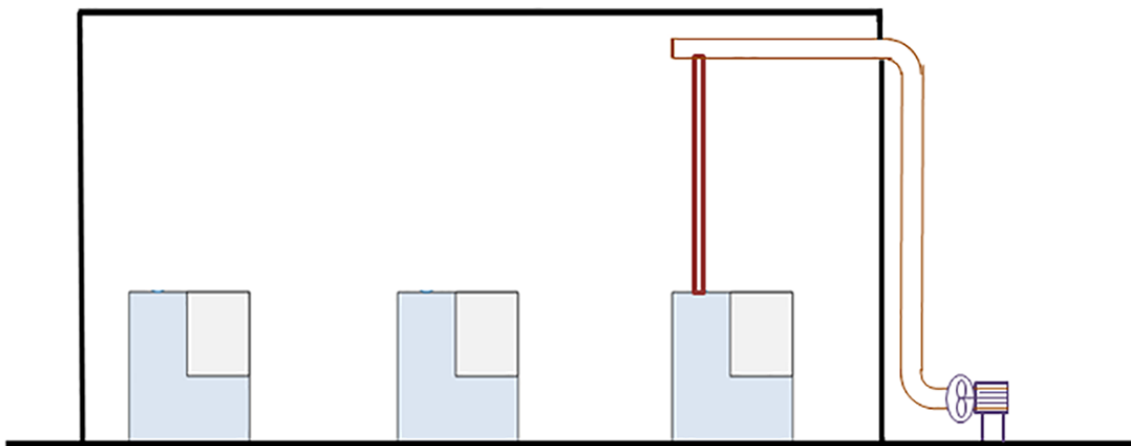


Phase 3 (raccordement de toutes les machines à un réseau collecteur et d'évacuation complet) :

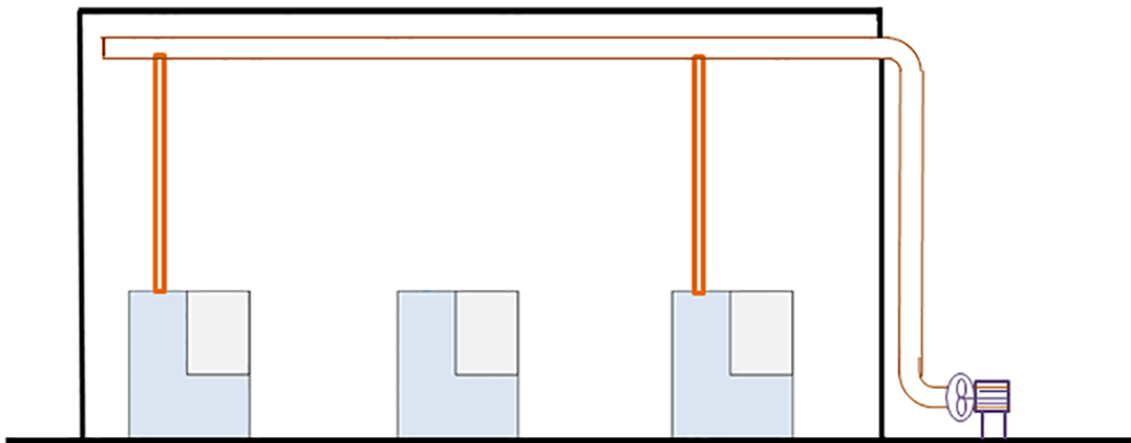


Cas du groupe d'aspiration-filtration centralisé

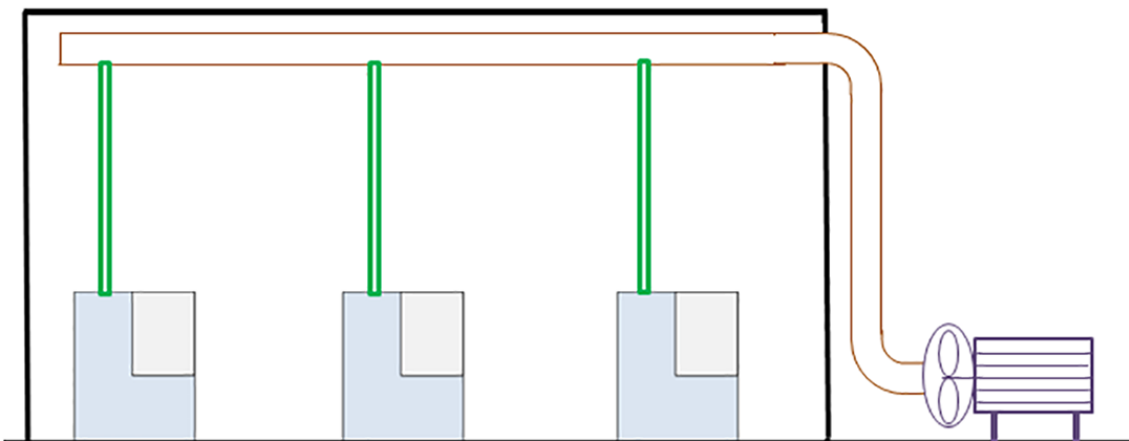
Phase 1 (raccordement de la machine la plus « polluante » sur le groupe aspirant-filtrant) :



Phase 2 (raccordement d'autres machines sur le réseau d'aspiration-filtration) :



Phase 3 (raccordement de toutes les machines sur le réseau d'aspiration-filtration) :





Notes personnelles

A series of horizontal dotted lines for taking notes.



Remerciements

Aux chefs d'entreprises et leurs collaborateurs qui nous ont reçus pour échanger sur leurs pratiques sur ce sujet ainsi qu'à tous les membres des syndicats d'Employeurs et de Salariés de la Commission Paritaire Spécialisée Temporaire qui ont participé à la rédaction de ce document.

Département des Risques Professionnels

80 avenue de la Jallère - 33053 Bordeaux cedex

Tél. : 05 56 11 64 36 - 05 56 11 68 58

documentation.prevention@carsat-aquitaine.fr

www.carsat-aquitaine.fr

