

Cuves de traitement de surface

L'Institut national de recherche et de sécurité (INRS)

pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles est une association loi 1901, créée en 1947 sous l'égide de la Caisse nationale d'assurance maladie, administrée par un Conseil paritaire (employeurs et salariés).

De l'acquisition de connaissances jusqu'à leur diffusion, en passant par leur transformation en solutions pratiques, l'Institut met à profit ses ressources pluridisciplinaires pour diffuser une culture de prévention dans les entreprises et proposer des outils adaptés à la diversité des risques professionnels à tous ceux qui, en entreprise, sont chargés de la prévention : chef d'entreprise, services de santé au travail, instances représentatives du personnel, salariés... Toutes les publications de l'INRS sont disponibles en téléchargement sur le site de l'INRS : www.inrs.fr

Les caisses d'assurance retraite et de la santé au travail (Carsat), la caisse régionale d'assurance maladie d'Île-de-France (Cramif) et les caisses générales de sécurité sociale (CGSS) de l'Assurance maladie - Risques professionnels, disposent, pour participer à la diminution des risques professionnels dans leur région, d'un service Prévention composé notamment d'ingénieurs-conseils et de contrôleurs de sécurité. Spécifiquement formés aux disciplines de la prévention des risques professionnels et s'appuyant sur l'expérience quotidienne de l'entreprise, ces professionnels sont en mesure de conseiller et, sous certaines conditions, de soutenir les acteurs de l'entreprise (direction, médecin du travail, instances représentatives du personnel, etc.) dans la mise en œuvre des démarches et outils de prévention les mieux adaptés à chaque situation. Les caisses assurent aussi la diffusion des publications éditées par l'INRS auprès des entreprises.

Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'INRS, de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause, est illicite. Il en est de même pour la traduction, l'adaptation ou la transformation, l'arrangement ou la reproduction, par un art ou un procédé quelconque (article L. 122-4 du code de la propriété intellectuelle). La violation des droits d'auteur constitue une contrefaçon punie d'un emprisonnement de trois ans et d'une amende de 300 000 € (article L. 335-2 et suivants du code de la propriété intellectuelle).

© INRS, 2024.

Édition : Nadia Luzeaux

Conception graphique : Eva Minem

Mise en pages et Illustrations : Valérie Latchague-Causse

Guide pratique de ventilation

Cuves de traitement de surface

ED 6523 |
Janvier 2024

Brochure INRS élaborée par E. Silvente.

Avec la contribution d'un groupe de travail composé de :
S. Alonzo (Carsat Rhône-Alpes), D. Aoustin (Carsat Bretagne),
F. Bonthoux, P. Serre, M. Guimon (INRS),
C. Dogan (Cram Île-de-France), P. Ledon (Carsat Centre),
N. Morais (Carsat Midi-Pyrénées), A. Sanmarti (Carsat Auvergne).

Les auteurs remercient l'Union des industries des technologies
des surfaces (UITS) pour sa relecture et ses remarques.

Sommaire

Introduction	4
Démarche de conception	6
1 Évaluation du risque	7
1.1 Indice de toxicité (IT)	7
1.2 Indice d'émission (IE)	8
1.3 Exemples de détermination des indices d'émission (IE) et de toxicité (IT) pour des bains non référencés	9
2 Dispositifs de captage et vitesses de captage	10
2.1 Les principaux dispositifs de captage	10
2.2 Comment choisir le dispositif de captage ?	12
2.3 Vitesses de captage	13
3 Calculs des débits d'aspiration selon le type de dispositif utilisé	14
3.1 Dispositifs associés à des couvercles	14
3.2 Dispositifs enveloppants	19
3.3 Dispositifs d'aspiration sur cuve ouverte	20
3.4 Enceintes ventilées embarquées	25
3.5 Aspiration-soufflage	26
3.6 Hottes	26

4	Repères pour la conception	27
4.1	Réseau d'aspiration	27
4.2	Compensation d'air	28
4.3	Épuration des rejets gazeux	29
4.4	Rejet de l'air capté à l'extérieur des locaux	29
4.5	Ventilation de diverses installations	29
4.6	Contrôle d'un système de ventilation	31
4.7	Bruit des installations d'extraction et de compensation	31
5	Les dossiers techniques	32
5.1	Robot embarqué de rinçage par eau osmosée	32
5.2	Optimisation des débits d'extraction et maîtrise de la compensation d'air	34
5.3	Traitement de pièces par bac de pulvérisation	35
5.4	Optimisation des efficacités de captage par ajout de couvercles coulissants en traitement électrolytique	36
5.5	Activité de traitement de surface dans un conteneur aménagé à cet effet	37
	Annexes	39
	Annexe 1. Exemples de polluants susceptibles d'être émis dans l'atmosphère des ateliers de traitement de surface et faisant l'objet de valeurs limites d'exposition professionnelle françaises ou américaines (ACGIH)	39
	Annexe 2. Vitesses de captage préconisées pour les principaux bains utilisés en traitement de surface	42
	Annexe 3. Exemples de détermination des indices d'émission (IE) et de toxicité (IT)	50
	Annexe 4. Questions fréquemment posées concernant la ventilation des cuves de traitement de surface	52
	Bibliographie	58



Introduction

Cette brochure vise à constituer une référence pour les préventeurs et les personnes ou organisations concernés par la conception et le contrôle des installations de captage ou de dilution des polluants émis par les baignoires de traitement de surface.

Les données faisant l'objet du présent guide de ventilation visent à réduire le risque d'altération de la santé du personnel exposé en assurant des conditions acceptables de salubrité et de confort de l'atmosphère des lieux de travail. Elles ont pour objet la réalisation d'installations permettant de diminuer les risques associés à l'inhalation des gaz, vapeurs ou brouillards dangereux émis et disséminés dans l'atmosphère des ateliers mettant en œuvre des solutions de produits chimiques en cuves.

Elles s'appliquent à tous les procédés chimiques ou électrolytiques, manuels ou automatiques, incluant notamment, sans que cette liste soit limitative, les opérations de dégraissage, décapage, dérochage, polissage, lavage, dépôt métallique, anodisation, coloration, passivation, conversion, démétallisation.

Les recommandations mentionnées dans ce guide, relatives aux débits d'aspiration à mettre en œuvre, sont basées sur :

- la norme NF EN 17059 « Lignes de traitement de surface et d'anodisation – Prescription de sécurité » [20] ;
- la norme ANSI [1], adaptée aux spécificités de l'industrie française (modifications apportées pour développer l'utilisation de couvercles et de dispositifs enveloppants) ;
- les critères de ventilation de l'ACGIH [2].

L'application de ces recommandations conduit à des exigences d'efficacité de captage qui dépendent des risques présentés par les baignoires.

D'après différentes études menées par l'INRS sur les cuves ouvertes équipées d'un dispositif d'aspiration [3], les débits requis pour les baignoires présentant un niveau de risque élevé induisent en moyenne des efficacités de captage proches de 100 % et pour les baignoires présentant un niveau de risque plus faible, en moyenne de 90 %. Dans le cas où les paramètres se conjuguent pour conduire aux pires situations (franc bord réduit, courants d'air très défavorables, présence d'obstacles à l'écoulement d'air aspiré...), ces valeurs peuvent être dégradées [4].

Sont exclus du champ d'application du présent guide : les procédés de dégraissage par solvants, les procédés utilisant des baignoires de sels ou de métaux fondus et les procédés de revêtements organiques en général. Les nuisances autres que celles d'ordre chimique ainsi que les problèmes posés par le rejet des polluants dans l'environnement ne sont qu'abordés.

Les risques associés au contact cutané n'entrent pas dans le domaine d'application de ce document.

Les critères de ventilation sont susceptibles d'évoluer en fonction de l'expérience acquise au cours de leur mise en œuvre, de résultats d'études nouvelles conduites sur ce thème ou de modifications apportées sur les plans réglementaires ou normatifs.



Démarche de conception

La démarche de conception des installations de captage et de ventilation des bains de traitement de surface est composée de 3 étapes :

1) Identification des bains

Identification précise du type de bain utilisé et du procédé de traitement de surface mis en œuvre afin de connaître les polluants émis ainsi que l'émissivité du bain.

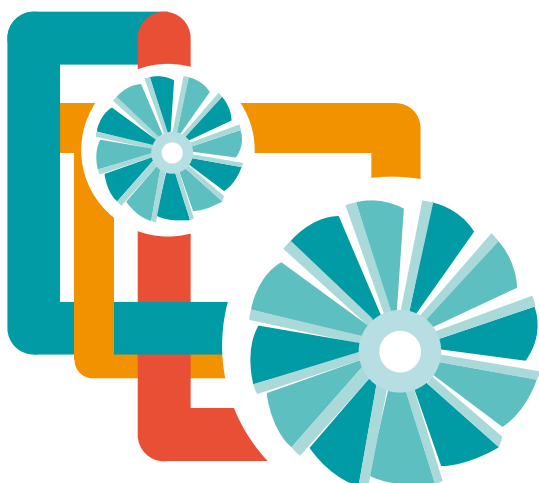
2) Choix du dispositif de captage des polluants atmosphériques et calcul du débit d'air associé

Certains dispositifs sont plus ou moins sensibles aux courants d'air, plus performants, plus économiques en exploitation.

3) Conception du réseau de ventilation et de l'installation de compensation d'air

La connaissance des débits de l'ensemble des cuves permet de concevoir le réseau de ventilation et les dispositifs de compensation d'air.

Cette démarche s'applique en cas de création, d'extension ou de rénovation de lignes de cuves. Elle doit être menée bain par bain.



1. Évaluation du risque

Les risques vont dépendre :

- de la nature des opérations de traitement de surface ;
- des types de bains utilisés ;
- des conditions de mise en œuvre.

Deux indices ont été définis pour décrire ces risques :

- un « indice de toxicité » caractérisant la toxicité des produits émis ;
- un « indice d'émission » caractérisant l'émissivité du bain.

Le risque des bains référencés à l'annexe 2 de ce guide a été évalué dans des conditions « standard » de mise en œuvre, représentatives de la majorité des installations.

Lorsque l'on s'écarte des conditions « standard » ou dans le cas des bains non référencés dans l'annexe précitée, le risque associé à un bain sera évalué en déterminant l'indice de toxicité et l'indice d'émission.

Le risque d'explosion lié à l'émission de substances inflammables et notamment au dégagement d'hydrogène n'est pas pris en compte dans la présente démarche. Toutefois, les valeurs limites d'exposition professionnelles (VLEP) visant les substances dangereuses pour la santé étant généralement plus basses que les limites inférieures d'explosivité (LIE) relatives aux substances inflammables, un système de ventilation préconisé pour assurer le respect de ces VLEP devrait, en principe, permettre également de maintenir les concentrations des substances inflammables en dessous de leurs LIE. Le concepteur du réseau de ventilation devra

néanmoins vérifier que les débits calculés à partir de la méthode exposée dans ce guide évitent l'obtention d'une atmosphère explosive (Atex) et que le matériel est adapté pour la prévention du risque d'explosion d'Atex.

Par ailleurs, l'utilisation de soufflettes à air comprimé et de jets à haute pression met en suspension des polluants (aérosols solides ou liquides) qui peuvent contribuer au dépassement des VLEP voire créer des risques de contacts cutanés. Leur usage est donc à proscrire.

1.1 Indice de toxicité (IT)

L'indice de toxicité associé à un bain est déterminé à partir des VLEP des constituants dangereux de ce bain émis en fonctionnement normal (voir tableau 1 page suivante).

Les VLEP publiées en France [5] ou, à défaut, celles publiées par l'ACGIH [6] sont utilisées. La référence est la valeur limite d'exposition professionnelle sur 8 heures (VLEP-8h) si elle existe et à défaut le 1/5^e de la valeur limite d'exposition professionnelle court terme (VLCT – 15 minutes) (cette valeur de 1/5^e est recommandée par l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses) en l'absence de VLEP-8h et si des effets critiques peuvent survenir à long terme).

Les constituants d'un bain pris en compte pour déterminer l'indice de toxicité de ce bain sont ceux effectivement émis dans l'atmosphère sous forme de gaz, vapeurs ou aérosols (brouillards de fines gouttelettes).

Dans le cas des aérosols formés par l'éclatement à la surface du liquide des bulles gazeuses provenant de la décomposition électrolytique de l'eau, il a été admis que leur composition correspond à celle du bain et que tous les constituants de celui-ci participent à la toxicité éventuelle de ces brouillards.

Lorsque plusieurs substances sont émises simultanément, l'indice associé à la substance présentant la toxicité la plus élevée est retenu.

On trouvera en annexe 1 une liste des principaux composés susceptibles d'être émis par les bains de traitement de surface ainsi que l'indice de toxicité qui leur est associé.

Tableau 1. Indice de toxicité

Indice de toxicité	Valeurs limites d'exposition professionnelle (VLEP)	
	Gaz-vapeurs (ppm)	Aérosols (mg.m ⁻³)
A	VLEP ≤ 10	VLEP ≤ 0,1
B	10 < VLEP ≤ 100	0,1 < VLEP ≤ 1
C	100 < VLEP ≤ 500	1 < VLEP ≤ 10
D	VLEP > 500	VLEP > 10

Exemples :

- L'acide chromique émis sous forme d'aérosol a une VLEP-8h réglementaire contraignante (chrome hexavalent et ses composés) de 0,001 mg.m⁻³. L'indice A lui est attribué et un bain renfermant de l'acide chromique sera associé à l'indice de toxicité A.
- Les cyanures ne peuvent être normalement émis que sous forme d'aérosol. La VLEP-8h réglementaire indicative des cyanures de potassium et de sodium est de 1 mg.m⁻³, la VLEP-8h admise des autres cyanures est de 5 mg.m⁻³. L'indice B ou C est attribué au bain. En revanche, s'il y a émission d'acide cyanhydrique gazeux, l'indice A est attribué ; en effet, l'acide cyanhydrique est visé par une valeur limite réglementaire contraignante égale à 0,9 ppm en cyanure.
- L'acide phosphorique, émis sous forme d'aérosol et dont la VLEP-8h réglementaire indicative est de 1 mg.m⁻³, est affecté de l'indice B.

Pour les bains référencés dans la norme NF EN 17059, les indices de toxicité (A, B, C et D)

associés figurent dans la colonne « Classe » de l'annexe 2 de ce guide.

1.2 Indice d'émission (IE)

L'indice d'émission caractérise la quantité de polluant émise lors de la réalisation d'une opération de traitement de surface (dégraissage, décapage, dépôt métallique, conversion, démétallisation électrolytique ou chimique...). Cette quantité de polluant émise dépend de nombreux facteurs :

- la concentration des bains ;
- leur température ;
- les températures d'ébullition des composés volatils présents dans ces bains ;
- l'agitation, le dégagement gazeux pour les procédés électrolytiques et chimiques ;
- etc.

Les mousses et les flotteurs parfois utilisés dans les bains de traitement de surface peuvent avoir une influence sur l'émission. En raison des difficultés à assurer la permanence de leur présence, ils ne seront pas pris en compte dans ce document.

À ce jour, il n'existe pas de modèle simple de calcul permettant de déterminer l'indice d'émission prenant en compte les paramètres énoncés précédemment. Sa détermination reste donc empirique et repose sur un jugement d'expert. Quatre niveaux d'indice d'émission sont définis.

L'indice 1 correspond à l'émission la plus forte, soit de gaz ou de vapeurs, soit d'aérosols. C'est le cas des procédés se caractérisant par :

- une forte température ;
- une forte agitation ;
- une concentration élevée de la solution ;
- la présence de produits volatils ;
- un dégagement gazeux important consécutif à une attaque chimique ou à un faible rendement électrique ;
- etc.

On peut citer comme représentatifs de l'indice 1 : le colmatage des couches d'alumine (fort dégagement de vapeur d'eau), certaines démétallisations (forts dégagements gazeux générateurs d'aérosols) ou le dépôt électrolytique du chrome à partir de solutions d'acide chromique (faible rendement électrique).

L'indice 4 caractérise l'émission la plus faible correspondant à des procédés effectués à basse température, sous faible agitation, sans produit volatil et avec un rendement électrique proche de 100 % pour les dépôts électrolytiques.

C'est le cas de la plupart des cuves de rinçage courant ou recyclé (voir définition dans l'encadré ci-dessous), des bains de dépôts chimiques de zinc, des bains de dépôts électrolytiques cyanurés de cadmium.

Les indices 2 et 3 correspondent à des émissions intermédiaires.

L'indice 2 est par exemple attribué aux procédés de :

- décapage du fer avec un bain d'acide chlorhydrique à la température de 70 à 80 °C ;
- décapage de l'aluminium avec un bain d'acides nitrique et fluorhydrique à la température de 20 °C ;
- dépôt électrolytique alcalin : étamage avec un bain alcalin de soude et de sels d'étain à la température de 75 à 80 °C ;
- dépôt électrolytique acide : cobaltage avec un bain aux sels de cobalt à la température de 60 °C.

L'indice 3 est par exemple attribué aux procédés de :

- dégraissage chimique du fer ou du cuivre avec un bain alcalin à la température de 40 °C ;
- dégraissage électrolytique du fer ou du cuivre et de ses alliages avec un bain alcalin cyanuré à la température de 20 °C ;
- décapage de l'aluminium avec un bain alcalin à la température de 40 °C ;
- conversion chimique : phosphatation de l'aluminium à 50 °C.

Pour les bains référencés dans la norme NF EN 17059, les indices d'émission (1, 2, 3 et 4) associés sont reportés dans la colonne « Classe » de l'annexe 2 de ce guide.

Pour un bain non référencé dans la norme ou s'écartant des conditions « standard », il conviendra de déterminer son indice d'émission en s'appuyant sur des bains référencés présentant des similarités. Pour cela, il est nécessaire de bien identifier l'opération de traitement de surface étudiée en précisant :

- le type de procédé mis en œuvre (dégraissage, décapage, dépôts électrolytiques...) ;
- la nature du métal traité (aluminium, cuivre, fer, acier inox, étain, zinc...) ; si le métal traité n'est pas référencé dans la norme, on s'appuiera sur le métal référencé le plus proche chimiquement du métal à

traiter (par exemple, le titane (non référencé dans la norme) et l'aluminium (référencé dans la norme) ont des propriétés chimiques voisines) ;

- la nature chimique du bain (acide, alcalin, sels métalliques, présence de cyanures, d'aldéhyde formique...)
- la température du bain (une augmentation de la température d'un bain de 20 °C à 30 °C peut accroître son caractère émissif et faire passer son indice d'émission à un niveau plus contraignant).

1.3 Exemples de détermination des indices d'émission (IE) et de toxicité (IT) pour des bains non référencés

En application des règles énoncées au § 1.1 et au § 1.2, l'annexe 3 présente des exemples de détermination des indices d'émission (IE) et de toxicité (IT) pour des bains non référencés en annexe 2. Les données nécessaires concernant la nature chimique des bains ainsi que leur température de mise en œuvre sont généralement extraites de leur fiche de données de sécurité et de leur fiche technique.

■ Rinçage mort et rinçage courant ou recyclé

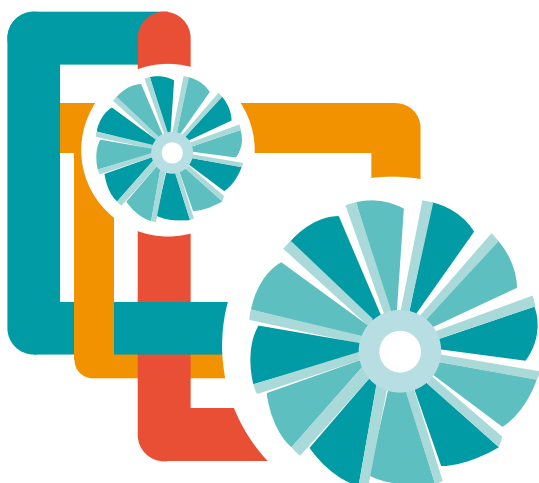
Rinçage mort

Il s'agit d'un rinçage statique dont le pH et la concentration en constituants dangereux sont très voisins de ceux du bain de traitement le précédant. De ce fait :

- l'indice de toxicité du bain de rinçage mort sera considéré comme identique à celui du bain de traitement ;
- l'indice d'émission du bain de rinçage mort sera évalué selon les règles énoncées au § 1.2.

Rinçage courant ou recyclé

Ce bain est alimenté en continu en eau. Les concentrations en produits dangereux sont faibles. Le risque associé à ces bains sera déterminé au cas par cas.



2. Dispositifs de captage et vitesses de captage

2.1 Les principaux dispositifs de captage

Les principaux dispositifs de captage rencontrés dans le secteur industriel du traitement de surface sont :

- les dispositifs d'aspiration associés à des couvercles permettant de maintenir en dépression la zone d'émission des polluants (couvercle fermé) ;
- les dispositifs enveloppants sous la forme de cabines ouvertes ou de tunnel ventilé ;
- les dispositifs d'aspiration sur cuve ouverte où les dispositifs d'aspiration sont disposés le long des bords de cuve.

Les dispositifs utilisés pour des cuves de traitement de surface doivent être conçus de façon à confiner le plus possible la zone d'émission des polluants.

L'émission considérée est non seulement celle de la surface des baigns, mais aussi celle des pièces émergées. En effet, les pièces qui sortent d'un bain émissif représentent une surface développée qui constitue une source importante d'émission de polluants, même si elle est intermittente.

■ Principes généraux de ventilation

Deux techniques de ventilation qui diffèrent par leurs objectifs et leur champ d'application

La ventilation par aspiration locale des polluants.

Principe : les polluants sont captés au plus près de leur point d'émission :

- avant qu'ils ne pénètrent dans la zone respiratoire des travailleurs ;
- avant qu'ils ne soient disséminés dans toute l'atmosphère de l'atelier.

À efficacité égale, ce type de ventilation requiert des débits d'air inférieurs à ceux requis par d'autres types de ventilation (ventilation générale en particulier).

Cette solution doit être retenue en priorité chaque fois que les polluants sont émis en quantités notables et que les sources de pollution sont fixes.

En fonction des techniques mises en œuvre, on distingue :

- les aspirations sous couvercle ;
- les dispositifs de captage enveloppants ;
- les dispositifs d'aspiration latérale sur cuve ouverte ;
- les hottes.

La mise en place de dispositifs associés à des couvercles sera toujours privilégiée dans la mesure du possible.

La ventilation générale des ateliers ou ventilation par dilution.

Principe : les polluants sont dilués de façon à maintenir leur niveau de concentration dans l'ambiance de travail en dessous des seuils admissibles.

Cette solution admet donc une certaine pollution sur les lieux de travail. Elle ne peut être choisie que pour les locaux de travail où existent des sources de pollution difficilement contrôlées (dissémination importante de petites sources de pollution ou déplacement de ces sources par les travailleurs) lorsque les polluants sont très peu toxiques ou émis à un faible débit.

Une ventilation générale complémentaire à l'aspiration locale est parfois nécessaire pour évacuer les polluants résiduels non captés à la source.

Conditions restrictives à l'utilisation de la ventilation générale :

- les personnes exposées doivent être suffisamment éloignées des sources de pollution pour ne pas être soumises aux fortes concentrations existant au voisinage de celles-ci ;
- le débit des polluants doit être raisonnablement régulier dans le temps (absence de pics de pollution).

La ventilation doit être prise en compte à la conception de l'atelier.

Les dispositifs de ventilation sont complètement intégrés à l'ensemble de l'installation.

Une installation correctement conçue comprend :

- des dispositifs de captage à la source raccordés à un ou plusieurs réseaux d'aspiration ;
- des dispositifs d'apport d'air de compensation réchauffé ou rafraîchi si nécessaire ;
- des dispositifs d'épuration ;
- éventuellement une ventilation générale.

2.2 Comment choisir le dispositif de captage ?

Le dispositif privilégié sera celui qui, à efficacité égale, demandera le plus faible débit parmi les dispositifs d'aspiration qu'autorise le procédé. Ce choix contribuera à la pérennité du dispositif retenu (figure 1).

En fonction des contraintes techniques du procédé, du matériel et des locaux, il sera recherché un dispositif d'aspiration qui sera en priorité :

1. associé à un couvercle ;
2. associé à un système enveloppant ;
3. laissant la cuve ouverte.

Choisir le dispositif demandant le plus faible débit participe à réduire les contraintes et les nuisances liées à la ventilation :

- encombrement des capteurs, des conduits, des épurateurs, etc. ;
- bruit émis par l'installation de ventilation ;
- courants d'air liés à la compensation des débits d'air extrait ;
- épuration (coût, encombrement, maintenance) ;
- maintenance (complexité, qualification) ;
- effets indésirables sur les bains et les pièces (évaporation, refroidissement, pollution croisée) ;
- coût d'installation (puissance du moteur, diamètres des conduits, taille des épurateurs, etc.) ;
- coût d'exploitation (consommation en énergie thermique de réchauffage et en énergie motrice de ventilation).

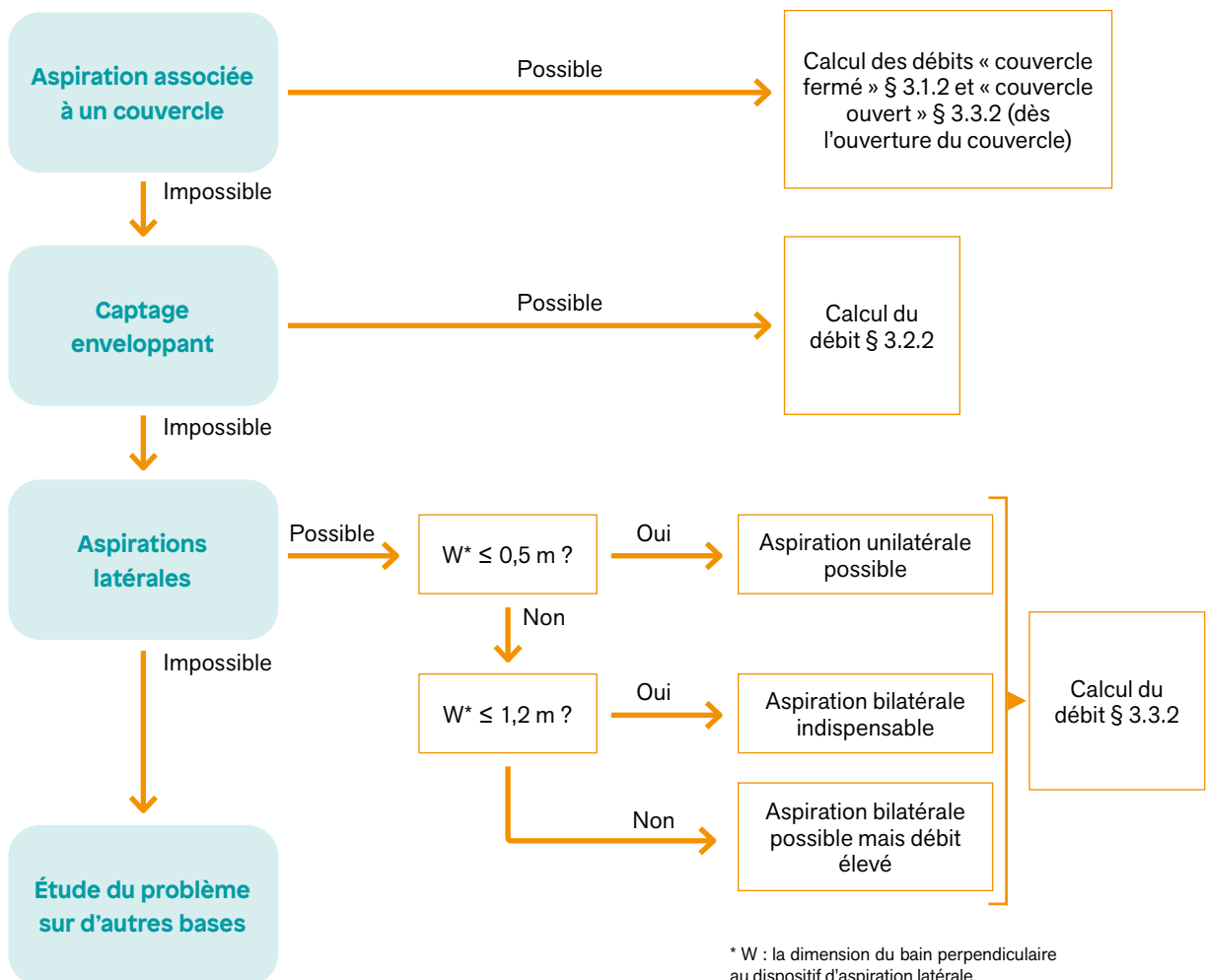


Figure 1. Choix du dispositif d'aspiration pour chaque cuve

2.3 Vitesses de captage

Selon les dispositifs de captage mis en œuvre (cuves avec couvercles, captage enveloppant, tunnel, cuve ouverte), des valeurs de vitesses de captage sont préconisées pour permettre de calculer les débits d'extraction nécessaires à l'obtention d'une atmosphère salubre aux différents postes de travail ainsi que dans l'ambiance des ateliers de traitement de surface. Ces valeurs ont été déterminées en prenant en compte les risques associés aux bains utilisés. Ces risques dépendent essentiellement de deux facteurs explicités dans les § 1.1 et 1.2 de ce guide : la toxicité des produits émis (indice de toxicité) et l'émissivité liée à la quantité de polluants émis (indice d'émission).

Pour les cuves avec couvercles, les captages enveloppants et les tunnels, ces vitesses sont celles visées dans les surfaces ouvertes des parois limitant le volume de confinement du polluant. Les débits à extraire sont calculés en multipliant ces vitesses par la surface totale des ouvertures.

Pour les cuves ouvertes, ces vitesses sont en fait des débits surfaciques, et les débits extraits sont calculés en multipliant ces vitesses par la surface du bain en y **intégrant des pondérations liées au ratio longueur/largeur de la cuve et au nombre d'aspirations (unilatérale/bilatérale)**.

Les vitesses de captage définies dans la norme NF EN 17059 ont été classées en 4 niveaux allant des plus élevées (V1) aux plus faibles (V4) (tableau 2).

Ces valeurs de vitesse de captage sont utilisées dans les formules de la partie 3 pour calculer les différents débits d'aspiration.

L'annexe 2 liste les principaux bains utilisés dans l'industrie du traitement de surface et les vitesses

de captage préconisées dans des conditions « standard » de mise en œuvre, représentatives de la majorité des installations.

Remarque

Pour deux bains référencés en annexe 2 du présent guide et en accord avec l'annexe E de la norme NF EN 17059, aucune condition particulière de captage n'est exigée, ils sont donc associés à des vitesses de captage nulles :

- oxydation de l'aluminium et de ses alliages par conversion chimique à $T = 20\text{ °C}$,
- colmatage de pièces anodisées à $T = 95\text{ °C}$.

Néanmoins, ces deux bains pourront être équipés de dispositifs d'aspiration, notamment, pour capter les émissions de vapeur d'eau.

Pour les bains s'écartant des conditions standards ou non référencés dans l'annexe 2, la détermination des indices de toxicité et d'émission permet de définir 16 situations (ou classes) allant de A1 pour les procédés à haut risque (A : produits très dangereux et 1 : émis en quantité importante) à D4 pour les procédés à faible risque (D : produits peu dangereux et 4 : émis en quantité très faible).

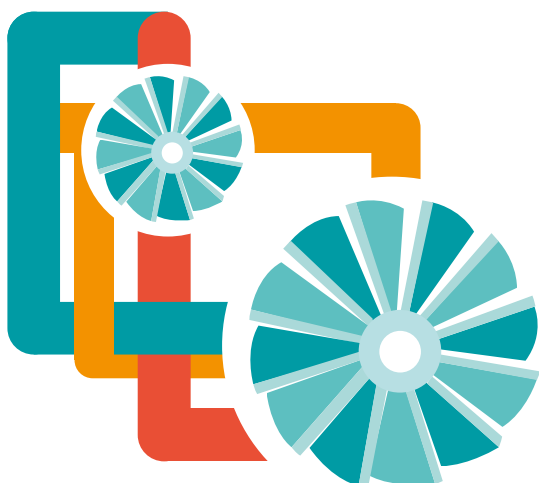
Pour chacune de ces situations (ou classes), les niveaux V1, V2, V3 et V4 des vitesses de captage nécessaires à l'obtention d'une atmosphère salubre au poste de travail, sont indiqués dans le tableau 3. Les valeurs de ces vitesses de captage sont celles précisées dans le tableau 2.

Tableau 3. Vitesses de captage à mettre en œuvre en fonction de l'indice de toxicité et de l'indice d'émission des bains

Indice d'émission	Indice de toxicité			
	A	B	C	D
1	V1	V2	V2	V4
2	V1	V2	V3	V4
3	V2	V3	V4	V4
4	V4	V4	V4	V4

Tableau 2. Vitesses de captage

Niveaux de vitesse	Vitesses de captage nécessaires			
	Cuves ouvertes ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$) À multiplier par la pondération définie au § 3.3.2	Cuves avec couvercles ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)	Captages enveloppants, tunnels ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)	
			Captages enveloppants	Tunnels
V1	0,75	1,30	0,50	0,70
V2	0,50	0,90	0,40	0,60
V3	0,38	0,65	0,30	0,50
V4	0,25	0,65	0,30	0,50



3. Calculs des débits d'aspiration selon le type de dispositif utilisé

3.1 Dispositifs associés à des couvercles

3.1.1 Description des dispositifs associés à des couvercles

L'objectif est d'empêcher la dispersion des polluants par le maintien d'une dépression interne, couvercle fermé.

Attention

Les dispositifs à couvercle (tableau 4) nécessitant un faible débit en position fermée, ils perdent presque toute leur efficacité dès qu'ils sont ouverts.

Lorsque le couvercle est ouvert (par exemple pour le chargement ou le déchargement des pièces), le débit à mettre en œuvre est celui calculé pour une cuve ouverte. L'augmentation de débit doit être asservie à l'ouverture du couvercle.

Le couvercle doit être compatible avec le fonctionnement de la ligne de traitement de surface, qu'il soit manuel ou automatique. Lorsque ce fonctionnement rend inapplicable le principe du couvercle, il faut rechercher le dispositif le plus enveloppant possible.

L'aspiration sous couvercle est un dispositif peu sensible aux courants d'air.

La manœuvre des couvercles est effectuée par un mécanisme qui dépend de la façon dont les pièces ou le support de pièces sont introduits puis sortis du bain.

Procédé manuel

Le couvercle doit être ouvert puis fermé à chaque intervention dans le bain.

L'opérateur ayant souvent les mains occupées, le couvercle doit être conçu pour être facilement manœuvrable et maintenu fermé en dehors de l'intervention. La manœuvre du couvercle peut être effectuée, par exemple, à l'aide d'une commande d'ouverture au pied à action maintenue.

Procédé mécanisé ou automatique

Le recours aux couvercles se justifie par leur facilité d'installation et leur pilotage par l'automate. Les émissions dues aux pièces en transfert pouvant être importantes en raison des surfaces traitées et des cadences possibles, les couvercles peuvent être complétés par des dispositifs du type enceinte embarquée, intégrée au portique et pouvant être munie de sa propre ventilation.

Tableau 4. Dispositifs d'aspiration associés à des couvercles (largeur des surfaces ouvertes inférieure à 10 cm)

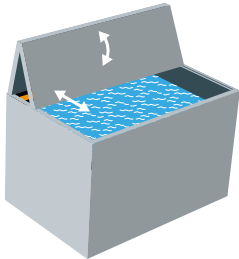
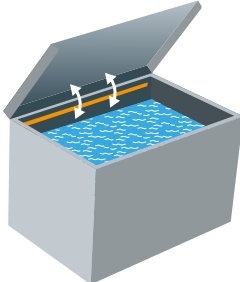
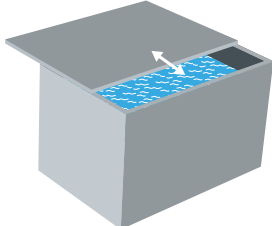
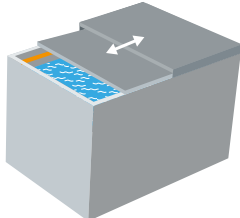
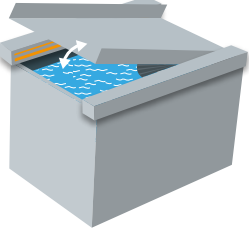
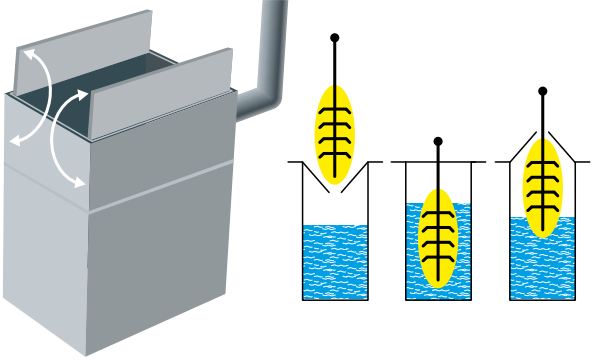
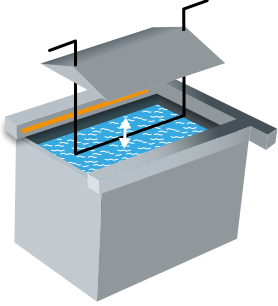
Types de couvercle	Types de procédé	Schémas
Couvercle pliant sur cuve	Manuel ou automatique	 <p>■ Figure 2. Couvercle pliant</p>
Couvercle pivotant sur cuve	Manuel ou automatique	 <p>■ Figure 3. Couvercle pivotant</p>
Couvercle coulissant sur cuve	Manuel ou automatique	 <p>■ Figure 4. Couvercle coulissant</p>
Couvercle télescopique sur cuve	Manuel ou automatique	 <p>■ Figure 5. Couvercle télescopique</p>

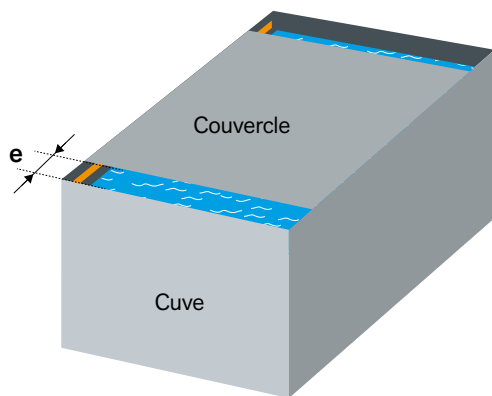


Tableau 4 (suite). Dispositifs associés à des couvercles (largeur des ouvertures inférieure à 10 cm)

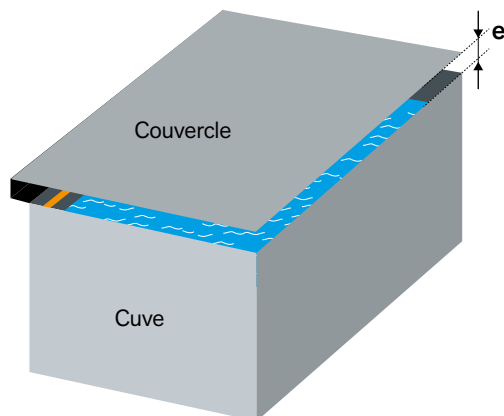
Types de couvercle	Types de procédé	Schémas
<p>Couvercle obturant partiellement la ventilation</p>	<p>Manuel ou automatique</p>	 <p>La fente de captage inférieure n'est pas obturée lorsque le couvercle est en position fermé.</p> <p>■ Figure 6. Couvercle obturant partiellement la ventilation</p>
<p>Couvercle battant double sens</p>	<p>Manuel ou automatique</p>	 <p>■ Figure 7. Couvercle battant double sens</p>
<p>Couvercle embarqué</p>	<p>Manuel ou automatique</p>	 <p>■ Figure 8. Couvercle embarqué</p>

3.1.2 Calcul du débit pour les dispositifs associés à des couvercles

Le couvercle ne doit pas être jointif sur toute la périphérie de la cuve. Il doit exister un espace libre « e » permettant le passage de l'air entre les parties constitutives du couvercle et la cuve de traitement (figures 9a et 9b). Cet espace est appelé « ouvertures » dans la suite du guide.



■ Figure 9a. Cuve avec couvercle à ouvertures supérieures



■ Figure 9b. Cuve avec couvercle à ouvertures latérales

Calcul du débit d'aspiration

Le débit d'aspiration est égal au produit de la surface des ouvertures laissées libres par la vitesse moyenne aux ouvertures :

$$(1) Q = S \times V \times 3\,600$$

Q : débit d'aspiration en $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$.

S : surface totale des ouvertures en m^2 .

V : vitesse moyenne aux ouvertures en $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ indiquée en annexe 2 ou déterminée à l'aide du tableau 3 (voir § 2.3).

Pour avoir un intérêt, en termes de réduction des débits, l'ouverture e permettant le passage de l'air entre les parties constitutives du couvercle et la cuve doit être inférieure ou égale à 0,10 m. Le cas où e est supérieure à 0,10 m n'est donc pas envisagé.

Attention

L'application stricte de la formule dans le cas d'un couvercle jointif conduirait à un débit négligeable voire nul. Aussi, est-il recommandé de ne pas descendre en dessous d'un débit minimal que l'on peut fixer au $1/10^{\text{e}}$ du débit nécessaire cuve ouverte, débit calculé suivant la méthode définie au § 3.3.2, cas de la cuve non appuyée contre un mur avec extraction unilatérale ; ce débit minimal permet selon les situations :

- de rester efficace en cas de déformations légères des couvercles qui ne seraient alors plus jointifs ;
- d'éliminer au fur et à mesure de leur formation les gaz inflammables afin d'éviter tout risque de formation d'Atex ;
- d'empêcher la condensation ;
- d'assurer l'évacuation des polluants vers le réseau d'aspiration.

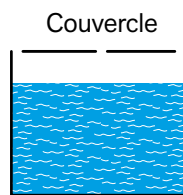
Toutefois, si l'application de ce débit minimal conduisait à une valeur de vitesse moyenne aux ouvertures supérieure à $4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, il serait alors nécessaire d'augmenter la largeur des ouvertures afin de ne pas dépasser $4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Cette valeur de $4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ correspond à une dépression sous couvercle de 10 Pa, au-delà de laquelle des déformations mécaniques du couvercle apparaîtraient.

De manière générale, il convient d'assurer un balayage de l'ensemble du volume sous couvercle et d'éviter les zones peu ventilées.

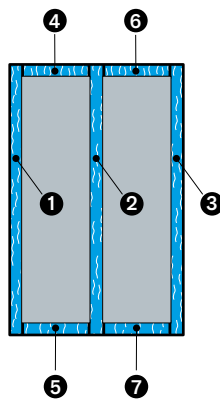
3.1.3 Exemples de calcul de débit pour un dispositif associé à un couvercle

Exemple n° 1 : cuve de chromage dur de 4 m x 1,10 m, munie d'un couvercle en deux parties ouvrantes de 3,92 m x 0,49 m, laissant à leur périphérie une largeur moyenne d'ouverture de 4 cm (figures 10a et 10b).

La température du bain est de 42 °C ; l'ambiance n'est pas perturbée par des courants d'air.



■ Figure 10a. Cuve avec couvercle avec 2 parties ouvrantes



■ Figure 10b. Vue du dessus de la cuve

Le calcul de la surface d'échange avec l'atmosphère se décompose de la façon suivante :

- surface des ouvertures ❶ + ❷ + ❸ :

$$3 \times (4 \times 0,04) = 0,4800 \text{ m}^2 ;$$

- surface des ouvertures ❹ + ❺ + ❻ + ❼ :

$$4 \times (0,49 \times 0,04) = 0,0784 \text{ m}^2 ;$$

soit une surface totale S de 0,5584 m².

Pour le type de bain « dépôts électrolytiques acides, chromage dur, décor, noir, 30-55 °C », l'annexe 2 indique la vitesse V1, soit 1,3 m.s⁻¹ selon le tableau 2 (§ 2.3).

Le débit d'aspiration à mettre en œuvre selon la formule est égal à :

$$Q = S \times V \times 3\,600 = 2\,613 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$$

Exemple n° 2 : même cuve de chromage dur que dans l'exemple n° 1, munie d'un couvercle en deux parties ouvrantes de 3,94 m x 0,505 m, laissant à leur périphérie une largeur moyenne d'ouverture de 3 cm (plus petite que dans l'exemple précédent).

La température du bain est de 42 °C ; l'ambiance n'est pas perturbée par des courants d'air (mêmes conditions opératoires que dans l'exemple 1).

Le calcul de la surface d'échange avec l'atmosphère se décompose de la façon suivante :

Surface des ouvertures ❶ + ❷ + ❸ :

$$3 \times (4 \times 0,03) = 0,36 \text{ m}^2$$

Surface des ouvertures ❹ + ❺ + ❻ + ❼ :

$$4 \times (0,505 \times 0,03) = 0,0606 \text{ m}^2$$

Soit une surface totale S de 0,4206 m².

La vitesse V est de 1,3 m.s⁻¹ selon les indications de l'annexe 2 et du tableau 2 pour le type de bain « dépôts électrolytiques acides, chromage dur, décor, noir 30-55 °C ».

Le débit d'aspiration à mettre en œuvre est égal à :

$$Q = S \times V \times 3\,600 = 1\,968 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$$

Le débit pour une cuve ouverte de même dimension suivant la méthode définie dans le § 3.3.2 (cas de l'aspiration unilatérale non appuyée contre un mur) serait de 22 514 m³.h⁻¹.

Le débit d'aspiration sous couvercle de 1 968 m³.h⁻¹ étant inférieur au 1/10^e de ce débit calculé (22 514/10 = 2 251 m³.h⁻¹) le débit minimal à mettre en œuvre pour l'exemple 2 sera donc de 2 251 m³.h⁻¹, ce qui induira des vitesses d'air dans les ouvertures de 1,5 m.s⁻¹.

3.2 Dispositifs enveloppants

3.2.1. Description des dispositifs enveloppants

Ces dispositifs comprennent les tunnels ventilés et les cabines ouvertes (tableau 5). Un capotage peut envelopper une ou plusieurs cuves.

Attention

Dans le cas de plusieurs cuves, il faut veiller à ne pas mélanger des polluants incompatibles.

Ces dispositifs permettent d'améliorer les installations existantes. Leur utilisation est souhaitable lorsque l'émission des pièces émergées est importante et lorsque les temps d'immersion sont faibles.

3.2.2 Calcul du débit pour les dispositifs enveloppants

Dans ce cas, le débit d'aspiration a pour expression :

$$(2) Q = S_0 \times V \times 3\,600$$

Q : débit total d'aspiration en m³.h⁻¹.

S₀ : surface frontale des ouvertures en m².

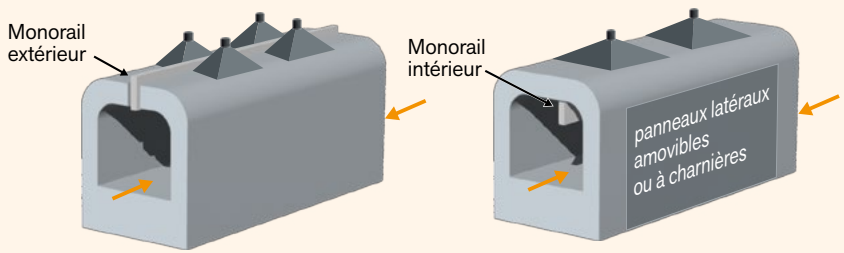
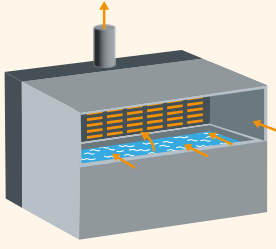
V : vitesse moyenne dans les ouvertures en m.s⁻¹ indiquée en annexe 2 ou déterminée à l'aide du tableau 3 (§ 2.3).

Attention

Comme dans le cas des dispositifs d'aspiration associés à des couvercles, il est également recommandé de ne pas descendre en dessous d'un débit minimal que l'on peut fixer au 1/10^e du débit nécessaire calculé suivant la méthode définie au § 3.3.2 pour une cuve ouverte non appuyée contre un mur avec extraction unilatérale ; ce débit minimal permet selon les situations :

- d'éliminer au fur et à mesure de leur formation les gaz inflammables afin d'éviter tout risque d'explosion ;
- d'empêcher la condensation ;
- d'assurer l'évacuation des polluants vers le réseau d'aspiration et d'assurer un balayage afin d'éviter les zones peu ventilées.

Tableau 5. Dispositifs enveloppants

Types de dispositif	Types de procédé	Schémas
Tunnel ventilé	Automatique	 <p>Monorail extérieur</p> <p>Monorail intérieur</p> <p>panneaux latéraux amovibles ou à charnières</p> <p>■ Figure 11. Tunnel ventilé</p>
Cabine ouverte	Manuel	 <p>■ Figure 12. Cabine ouverte</p>

3.2.3 Exemple de calcul de débit pour un dispositif enveloppant

Exemple n° 3 : même bain que l'exemple n° 1 disposé dans un tunnel et sans couvercle. La surface totale S_0 des deux ouvertures est égale à 3 m^2 .

Pour le bain de chromage « dépôts électrolytiques acides, chromage dur, décor, noir $30 - 55 \text{ }^\circ\text{C}$ », la vitesse de captage nécessaire V_1 correspondant à l'indication de l'annexe 2 est égale à $0,7 \text{ m.s}^{-1}$ selon le tableau 2 (§ 2.3).

Le débit total d'aspiration est alors égal à :

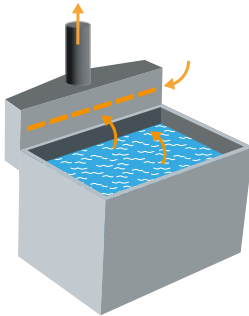
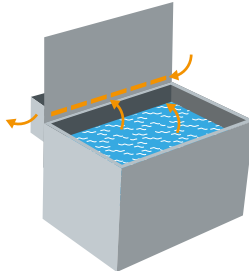
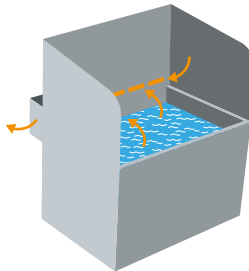
$$Q = S_0 \times V \times 3\,600 = 3,0 \times 0,7 \times 3\,600 = 7\,560 \text{ m}^3.\text{h}^{-1}$$

3.3 Dispositifs d'aspiration sur cuve ouverte

3.3.1 Description des dispositifs d'aspiration sur cuve ouverte

Ces dispositifs laissent libre l'espace au-dessus de la surface du bain (tableau 6). Les orifices d'aspiration sont disposés le long des bords de cuve, de préférence sur le plus grand côté dans le cas de cuves rectangulaires.

Tableau 6. Dispositifs d'aspiration sur cuve ouverte

Types d'aspiration	Types de procédé	Schémas
Aspiration unilatérale	Manuel ou automatique	 <p>■ Figure 13. Aspiration unilatérale</p>
Aspiration unilatérale à dossier	Manuel ou automatique	 <p>■ Figure 14. Aspiration unilatérale avec dossier</p>
Aspiration unilatérale à dossier et écrans	Manuel	 <p>■ Figure 15. Aspiration unilatérale à dossier et écrans</p>

Si les pièces introduites dans le bain laissent une surface libre inutilisée pour les manutentions, on cherchera dans la mesure du possible à la fermer.

La conception de ce type d'aspiration doit notamment tenir compte :

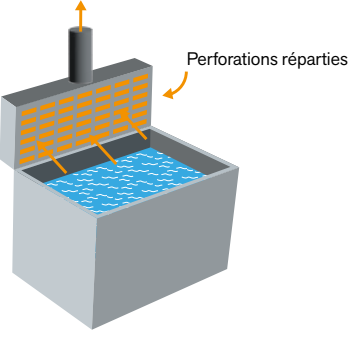
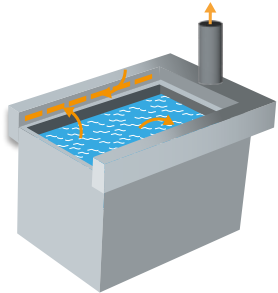
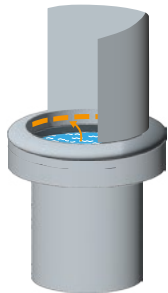
- de la nécessité d'assurer une répartition homogène du débit d'aspiration sur toute la longueur de la fente. Le mauvais fonctionnement de systèmes d'aspiration existants est fréquemment dû au non-respect de cette spécification ;
- de l'intérêt de mettre en place des écrans permettant de rendre le système moins sensible aux courants d'air perturbateurs. Le système de captage lui-même peut être conçu pour assurer une fonction d'écran protecteur (voir figures 14, 15, 16 et 18).

Dans ce document, on appelle dosseret un panneau vertical jointif avec la cuve, situé au-dessus du dispositif de captage, sur toute la longueur de la cuve ; un dosseret aspirant est une aspiration à perforations réparties sur la surface du panneau.

On appelle écran un panneau vertical jointif avec la cuve, situé sur un côté dépourvu d'aspiration.

Pour une aspiration unilatérale, la hauteur d'un dosseret doit être supérieure ou égale à la largeur de la cuve. Pour une aspiration bilatérale, cette hauteur doit être supérieure ou égale à la moitié de la largeur de la cuve.

Les recommandations de choix entre l'aspiration unilatérale et l'aspiration bilatérale sont présentées dans les tableaux 7 et 8 page suivante.

Types d'aspiration	Types de procédé	Schémas
<p>Aspiration unilatérale à caisson de répartition avec perforations ou fentes</p>	<p>Manuel ou automatique</p>	 <p>■ Figure 16. Aspiration unilatérale à perforations réparties</p>
<p>Aspiration bilatérale</p>	<p>Manuel ou automatique</p>	 <p>■ Figure 17. Aspiration bilatérale</p>
<p>Aspiration circulaire avec écran</p>	<p>Manuel</p>	 <p>■ Figure 18. Aspiration circulaire</p>

■ Calculs des débits d'aspiration selon le type de dispositif utilisé

On appelle :

W : la dimension du bain, perpendiculaire au dispositif d'aspiration latérale (à laquelle il faut rajouter le recul éventuel du dispositif de captage par rapport au bain) (figure 19) ;

L : la dimension du bain parallèle au dispositif d'aspiration latérale.

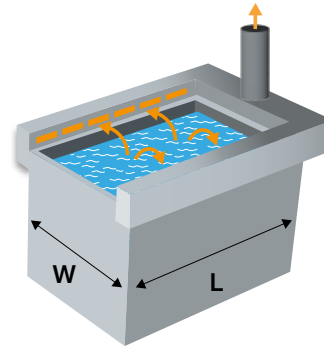


Figure 19. Configuration des aspirations latérales

Attention

Les débits à mettre en œuvre sur les dispositifs d'aspiration latérale deviennent rapidement importants lorsque la largeur du bain augmente.

Tableau 7. Conditions de choix en fonction de la largeur de la cuve

W ≤ 0,50 m Aspiration unilatérale adaptée
0,50 m < W ≤ 1,20 m Aspiration bilatérale recommandée
W > 1,20 m Un couvercle ou un captage enveloppant est recommandé

Tableau 8. Conditions de choix en fonction du rapport W/L

W/L ≤ 1 Aspiration latérale possible
1 < W/L ≤ 2 Aspiration latérale inadaptée Redistribuer l'aspiration sur le côté le plus long

■ Cas de l'égouttage des pièces

Lors de l'égouttage des pièces, la surface développée des pièces constitue une source importante d'émission. Les polluants pourront être captés par des dossierets aspirants ou des enceintes ventilées enveloppant ces pièces.

3.3.2 Calcul du débit pour les cuves ouvertes

Le calcul du débit d'aspiration doit tenir compte des paramètres agissant sur l'efficacité des fentes d'aspiration latérales.

Pour les cuves ouvertes à aspiration unilatérale ou bilatérale, le débit de captage est calculé selon la formule (3) issue de l'annexe D de la norme NF EN 17059 :

$$(3) Q = LWa \left(\frac{W}{nL} \right)^b V \times 3600$$

Q : débit d'air nécessaire en m³.h⁻¹.

V : débit d'air surfacique ou vitesse en m³.s⁻¹.m⁻² dépendant nécessairement de la classe du bain (indiquée en annexe 2 ou déterminée à l'aide du tableau 3).

n, a, b : paramètres adimensionnels décrits dans le tableau 9.

Le calcul des débits de captage des configurations illustrées dans les figures 14, 15, 16 et 18 sera effectué de manière similaire à la configuration cuve appuyée contre un mur, ou avec dossieret (voir annexe 4, FAQ Q2).

Tableau 9. Paramètres n, a, b, pour des cuves ouvertes avec différents agencements au mur

Type de cuve	Type d'extraction	n	a	b
Cuve non appuyée contre un mur ou sans dossieret	extraction unilatérale	1	2,3	0,15
	extraction bilatérale	2		
Cuve appuyée contre un mur ou avec un dossieret*	extraction unilatérale	1	1,8	0,2
	extraction bilatérale	2		

*Dans le cas de deux cuves dont les dispositifs d'aspiration sont accolés, chacune des cuves est considérée comme appuyée contre un mur (voir annexe 4, FAQ Q7 à Q8).

Maîtrise des courants d'air

Lorsque la vitesse de courant d'air dépasse fréquemment $0,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, les débits d'air calculés à l'aide de la formule (3) sont insuffisants pour maintenir l'efficacité de captage à un niveau acceptable. Il convient de s'orienter vers une des solutions suivantes classées par ordre de priorité :

1. Prendre les mesures nécessaires pour réduire les courants d'air (§ 4.2).
2. Mettre en œuvre des dispositifs moins sensibles aux courants d'air (couvercles, captage enveloppant...).

Note

La mesure des courants d'air pourra être effectuée dans l'environnement proche des cuves sans pour autant être dans la zone affectée par l'aspiration de cuve. Cette mesure sera répétée en plusieurs points en fonction des dimensions de la cuve ou de la ligne de traitement. Un anémomètre omnidirectionnel (sphère) dans la gamme $0,3 - 1 \text{ m/s}$ sera privilégié pour effectuer la mesure.

Niveau de liquide

Le franc-bord est la distance entre le bord de la cuve et le liquide, la pièce métallique à traiter étant plongée dans le bain (figure 20). Les débits calculés à l'aide de la formule (3) ont été déterminés en considérant un franc-bord de $0,10 \text{ m}$.

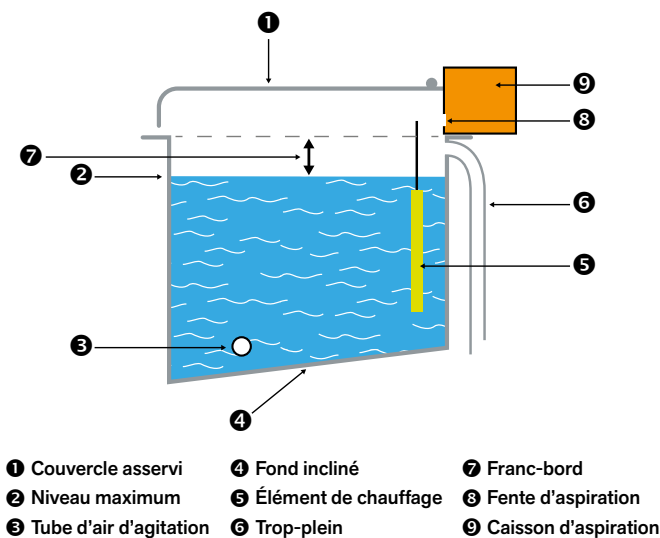


Figure 20. Schéma type d'une cuve

Une augmentation du franc-bord permet de réduire les débits extraits tout en conservant l'efficacité du captage. La valeur optimale du franc-bord se situe autour de $0,30 \text{ m}$. Augmenter le franc-bord de $0,10$ à $0,30 \text{ m}$ ou plus permet de diviser les débits d'aspiration par un facteur 1,2.

Conception des caissons d'aspiration

En première approximation, dans le cas d'un caisson muni d'une fente d'aspiration, la répartition de la vitesse au niveau de cette fente est acceptable lorsque la surface totale de la fente S_f est inférieure au tiers de la surface de la section du caisson S_c .

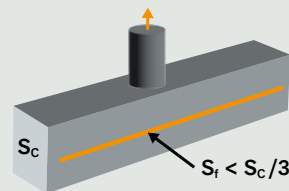


Figure 21. Principe d'un caisson

Cuves circulaires

Pour des cuves ouvertes circulaires avec aspiration latérale le long de la circonférence, la norme NF EN 17059 ne prévoit pas de formule de calcul de débit.

Le débit de captage est calculé selon la formule (4) dérivée de la formule (3) utilisable pour les cuves rectangulaires :

$$(4) Q = S a \left(\frac{1}{n}\right)^b V \times 3600$$

Q : débit d'air nécessaire en $\text{m}^3\cdot\text{h}^{-1}$.

S : surface du bain en m^2 .

V : débit d'air surfacique ou vitesse en $\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$ dépendant nécessairement de la classe du bain (indiquée en annexe 2 ou à déterminer à l'aide du tableau 3).

n, a, b : paramètres adimensionnels décrits dans le tableau 10 page suivante.

Tableau 10. Paramètres a, b, n pour des cuves ouvertes circulaires avec différents agencements

Type de cuve	Type d'extraction	n	a	b
Cuve ouverte circulaire sans écran	Longueur du dispositif d'aspiration latérale inférieure à la moitié de la circonférence	1	2,3	0,15
	Longueur du dispositif d'aspiration latérale supérieure à la moitié de la circonférence	2		
Cuve ouverte circulaire avec écran	Longueur du dispositif d'aspiration latérale inférieure à la moitié de la circonférence	1	1,8	0,2
	Longueur du dispositif d'aspiration latérale supérieure à la moitié de la circonférence	2		

3.3.3 Exemples de calculs des débits pour les cuves ouvertes

Exemple n° 4 : cuve de chromage dur de 4 m x 1,10 m avec cuve ouverte non appuyée contre un mur et une extraction bilatérale.

La largeur W de la cuve étant égale à 1,1 m, donc supérieure à 0,5 m, une aspiration bilatérale est

recommandée. Les paramètres a, b et n extraits du tableau 9 sont respectivement égaux à 2,3 - 0,15 et 2. La vitesse V1 indiquée en annexe 2 est de 0,75 m³.s⁻¹m⁻² selon le tableau 2 et le débit d'aspiration est calculé à l'aide la formule (3) :

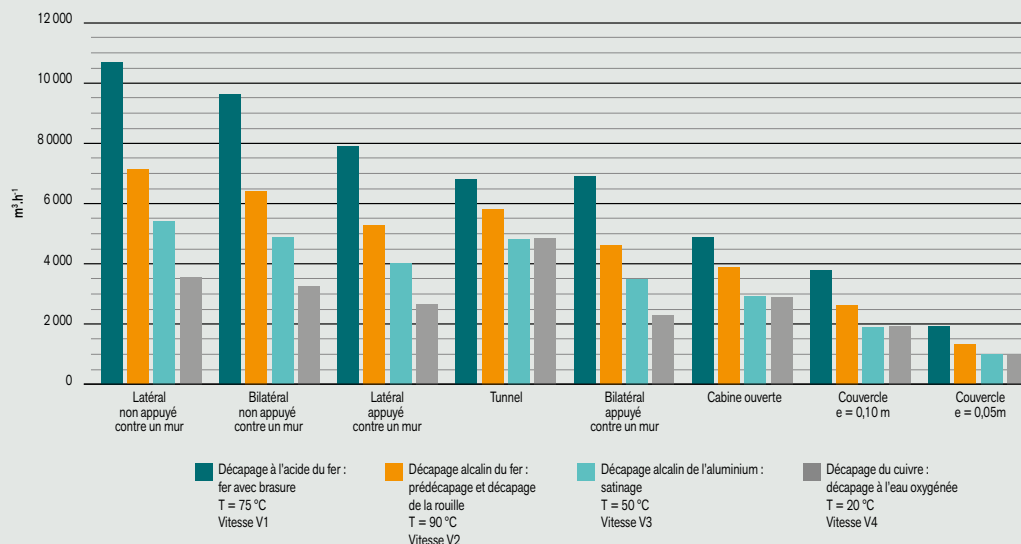
$$Q = 4 \times 1,1 \times 2,3 \left(\frac{1,1}{2 \times 4} \right)^{0,15} \times 0,75 \times 3600$$

$$Q = 20\,290 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$$

■ Comparaison des débits en fonction des dispositifs de captage*

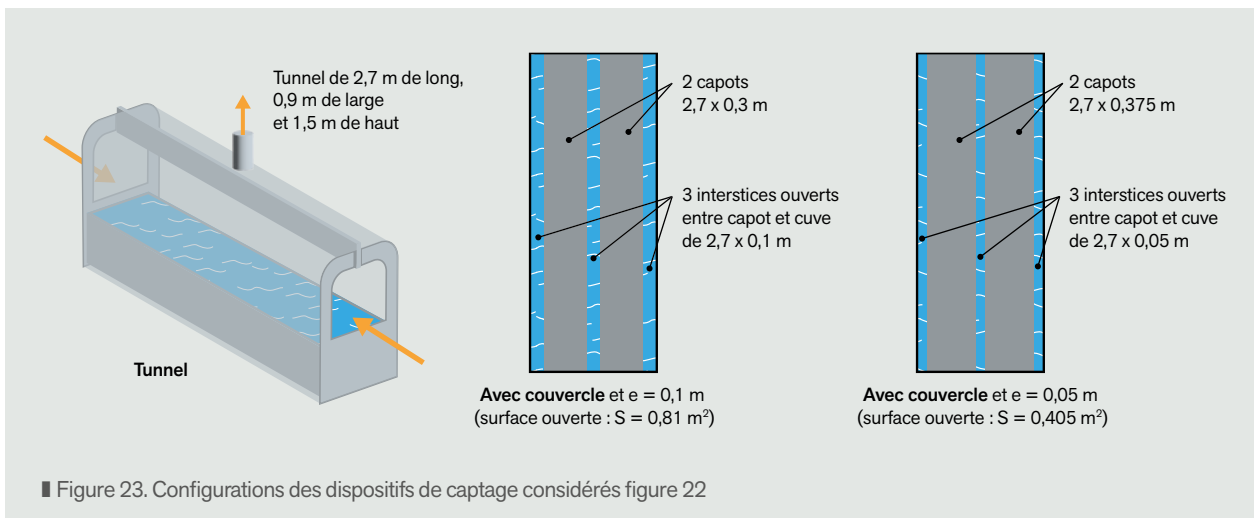
Les valeurs présentées dans cet exemple (fig. 22) ne sont valables que pour les dimensions qui ont été retenues pour ce calcul (W = 0,9 m et L = 2,7 m).

Elles mettent en évidence les différents débits d'aspiration en fonction des dispositifs de captage. Ces calculs de débits doivent être refaits pour des cuves ayant d'autres dimensions.



■ Figure 22. Comparaison des débits en fonction des dispositifs de captage et de la nature de différents bains (voir figure 23 pour la configuration des dispositifs « tunnel », « couvercle e = 0,10 m », « couvercle e = 0,05 m »)

*Les couvercles permettent la mise en œuvre de débits d'air plus faibles que les autres dispositifs de ventilation. En unilatéral comme en bilatéral, le passage d'un dispositif non appuyé à un dispositif appuyé apporte, suivant les bains considérés, des réductions de débits s'échelonnant de 900 à 2 700 m³.h⁻¹. Les tunnels présentent un réel intérêt en termes de réduction de débit quand ils assurent le confinement d'une série de cuves.



■ Figure 23. Configurations des dispositifs de captage considérés figure 22

Les exemples 1, 3 et 4 (tableau 11) illustrent la hiérarchisation des dispositifs de captage (§ 2.2).

Tableau 11.
Bilan des débits des exemples 1, 3 et 4

Exemples	Débit d'air extrait
Couvercle	(§ 3.1.3) 2 613 m ³ .h ⁻¹
Capotage tunnel	(§ 3.2.3) 7 560 m ³ .h ⁻¹
Cuve ouverte (non appuyée contre un mur, aspiration bilatérale)	20 290 m ³ .h ⁻¹

Exemple n° 5 : cuve de démétallisation de cuivre sur plastique ABS à l'acide nitrique de 2,2 x 1,0 m. Cette cuve avec extraction bilatérale est placée contre un mur.

Le bain décrit ci-dessus correspond au type de bain « démétallisation chimique, métaux variés sur aluminium et plastiques ABS, T = 20 °C » référencé en annexe 2 avec la vitesse de captage nécessaire V1. D'après le tableau 2, V1 est égale à 0,75 m³.s⁻¹.m⁻².

Le débit total d'aspiration à mettre en œuvre dans le cas d'un dispositif d'aspiration bilatérale pour une cuve appuyée contre un mur est calculé à l'aide des paramètres a, b et n extraits du tableau 9, respectivement égaux à 1,8, 0,2 et 2. Le débit à extraire est calculé à l'aide la formule (3) :

$$Q = 2,2 \times 1,0 \times 1,8 \left(\frac{1,0}{2 \times 2,2} \right)^{0,2} \times 0,75 \times 3 600$$

$$Q = 7 950 \text{ m}^3.\text{h}^{-1}$$

Si la cuve n'est pas placée contre un mur, mais accolée à d'autres cuves munies également d'un

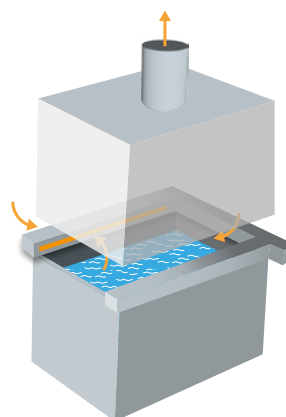
dispositif d'aspiration bilatérale, la vitesse à retenir est de la même façon 0,75 m³.s⁻¹.m⁻².

3.4 Enceintes ventilées embarquées

Les enceintes ventilées embarquées viennent en complément des dispositifs de ventilation des cuves. En étant mises en dépression, elles permettent de capter les émissions provenant des pièces émergées (décapage nitrique, anodisation sulfurique...).

On distingue :

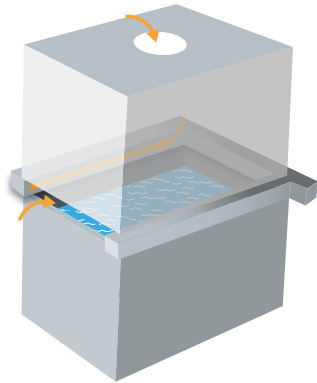
- Les enceintes embarquées équipées d'une ventilation propre (figure 24), qui sont directement raccordées au réseau d'aspiration. Leur dispositif de



■ Figure 24. Enceinte embarquée équipée d'une ventilation propre

captage étant indépendant de celui de la cuve, elles ne nécessitent pas d'être accolées à cette dernière.

- Les enceintes embarquées sans ventilation propre (figure 25), qui sont ventilées par l'intermédiaire du système d'aspiration de la cuve et dont les rebords doivent donc venir au contact de ceux de la cuve. Ce cas est traité comme une cuve avec couvercle embarqué.



■ Figure 25. Enceinte embarquée sans ventilation propre

Dans le cas d'une enceinte embarquée équipée d'une ventilation propre, le débit d'aspiration est calculé sur la base d'un dispositif enveloppant et a pour expression :

$$(5) Q = S \times V \times 3\ 600$$

Q : débit d'air nécessaire en m³.h⁻¹.

S : surface du bain en m². *

V : vitesse de captage en m.s⁻¹.

Une vitesse V de 0,3 m.s⁻¹ (V4 pour un dispositif enveloppant) doit au minimum être adoptée. En fonction de l'évaluation des risques des bains, cette vitesse pourra être augmentée.

* La surface couvrante de la hotte est la même que la surface du bain.

3.5 Aspiration-soufflage

Le dispositif d'aspiration-soufflage (push-pull) met en œuvre plusieurs jets d'air placés à une extrémité de la cuve poussant les polluants vers l'autre extrémité munie d'un dispositif d'aspiration.

Le captage par ces systèmes devient totalement inefficace :

- lorsque les débits de soufflage et d'aspiration ne sont pas adaptés ;
- lorsqu'un obstacle intercepte le jet, les polluants transportés par le flux d'air étant alors dispersés dans l'ambiance. Ce phénomène se produit lorsque les pièces et les paniers entrent ou sortent des bains.

La complexité de ce type de dispositif conduit à restreindre son emploi. Sa description ne sera pas détaillée dans ce document.

3.6 Hottes

Une hotte est un dispositif d'aspiration placé au-dessus du bain (figure 26).

De tels dispositifs ne peuvent être utilisés que sur des bains à risque faible, ou pour une amélioration des conditions de travail. C'est le cas d'émission de vapeur d'eau (exemple : bain de colmatage sans additif).

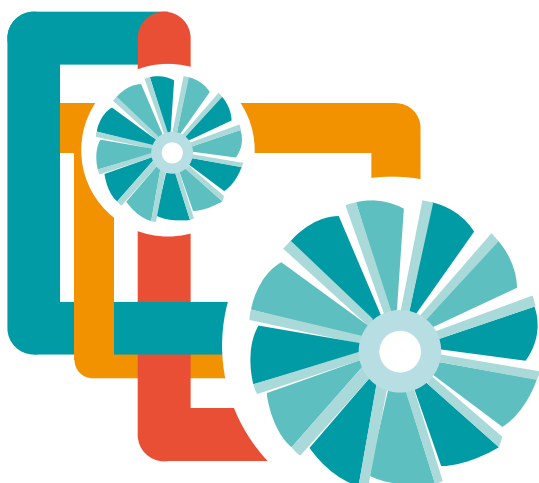
Attention

Deux inconvénients majeurs interdisent l'utilisation de la hotte sur les bains dangereux :

- les travailleurs ayant à intervenir ont les voies respiratoires situées dans le flux d'air pollué ;
- l'efficacité de captage d'une hotte est très sensible aux courants d'air.



■ Figure 26. Hotte aspirante



4. Repères pour la conception

L'objectif de tout dispositif de captage est d'entraîner les gaz, vapeurs, ou aérosols au moyen d'un flux d'air, vers un conduit permettant leur traitement ou évacuation hors de la zone d'évolution du personnel. La conception d'un réseau répond à des règles développées dans le guide pratique de ventilation « Principe généraux de ventilation » [8].

4.1 Réseau d'aspiration

Les vapeurs ou aérosols transportés dans les conduits de ventilation peuvent présenter des dangers pour l'homme et l'environnement. Aux produits issus des bains peuvent s'ajouter des produits volatils formés par réaction chimique entre eux, tels que le cyanure d'hydrogène ou le chlore. Un risque d'intoxication peut donc apparaître en cas de fuite hors des conduits ou après rejet, par exemple.

Pour cette raison il est recommandé de transporter dans des conduits séparés les substances captées qui, mélangées, peuvent former des gaz ou vapeurs dangereuses [9].

La séparation doit tenir compte non seulement des risques dus aux mélanges mais aussi du procédé de traitement des effluents gazeux.

En général, le transport peut être organisé en quatre collecteurs :

- les acides ;
- les bases ;
- le chrome ;
- les cyanures (voir FAQ Q23 pour le cas particulier des auro et auricyanures).

Toutefois, certaines simplifications peuvent être admises, au cas par cas, après analyse des risques. Ces collecteurs débitent normalement dans des épurateurs spécifiques.

4.1.1 Matériaux

Les matériaux constitutifs des conduits de ventilation, des accessoires et des ventilateurs seront sélectionnés pour leur résistance chimique, mécanique et thermique ainsi que pour leur qualité phonique.

4.1.2 Caractéristiques du réseau d'extraction

Le réseau d'extraction d'une installation de ventilation de cuves de traitement de surface doit remplir plusieurs objectifs et notamment :

- assurer les débits nécessaires à l'efficacité des dispositifs de captage retenus ;
- transporter les polluants vers les unités d'épuration avant rejet à l'extérieur.

Dans un réseau d'extraction, il existe nécessairement des cuves proches du ventilateur et d'autres,

éloignées. Pour pallier les déséquilibres aérauliques pouvant en résulter, il est donc nécessaire de réaliser un équilibrage par conception en intégrant les différences de pertes de charge entre tous les raccordements (cuves ouvertes, couvercles, enceintes embarquées, hottes...).

Différentes techniques d'équilibrage sont possibles.

Une solution souvent rencontrée sur ce type d'installation consiste à :

1) Disposer un collecteur de diamètre constant correspondant à une vitesse faible (au maximum 10 m.s^{-1}) ; l'augmentation de pertes de charge va devenir négligeable. Cette disposition permet également de limiter le niveau sonore d'origine aéraulique.

2) Dimensionner les raccordements terminaux ainsi que les fentes des capteurs afin de créer une perte de charge relativement élevée mais qui sera similaire sur l'ensemble des dispositifs de captage.

Elle peut être complétée par l'implantation de registres de réglage à blocage mécanique nécessitant l'utilisation d'un outil pour toute modification.

Dans les cas exempts d'encrassement, des trappes guillotines peuvent être admises avec les réserves suivantes :

- elles doivent permettre les écoulements de condensats (fermeture de haut en bas dans le cas de conduits horizontaux) ;
- leur rôle se limite à un réglage final, l'essentiel de l'équilibrage provenant de la bonne conception du réseau ;
- leur position est précalculée pour simplifier les réglages au moment de la mise en service ;
- une fois le réglage définitif obtenu, elles sont bloquées mécaniquement de manière non modifiable pour éviter leur dérèglement lors des opérations de nettoyage.

Les conduits de ventilation des différents dispositifs de captage devront comporter des orifices (brides, prises de pression, points de mesures) facilement accessibles pour effectuer les contrôles périodiques.

Ces réseaux sont souvent le siège de condensations encrassantes. Une pente régulière doit être aménagée pour canaliser les condensats vers un point de purge ou vers une cuve. Un dispositif de rinçage fixe peut faciliter l'entretien des réseaux,

notamment pour les bases qui génèrent d'importants dépôts solides par formation de carbonates.

4.2 Compensation d'air

L'air extrait par les systèmes de ventilation doit être compensé par des apports d'air neuf équivalents provenant de l'extérieur des locaux et de zones non polluées de façon à :

a) assurer l'efficacité des systèmes de ventilation. Un dimensionnement inadapté des entrées d'air entraîne un surplus de perte de charge aux ventilateurs d'extraction d'où une diminution des débits et une perte d'efficacité de captage ;

b) éviter les courants d'air provenant des portes et des fenêtres qui entraînent :

- une perte d'efficacité des dispositifs de captage ;
- une dispersion des polluants à travers l'atelier ;
- un inconfort thermique pour le personnel.

Les gaines textiles à diffusion totale sont des dispositifs à privilégier pour assurer la compensation d'air à basse vitesse.

L'air neuf doit être tempéré et introduit à une vitesse telle que la vitesse résiduelle à proximité des bords sera au maximum de $0,25 \text{ m.s}^{-1}$.

La simulation numérique des écoulements peut être utilisée comme outil d'aide à la conception des systèmes de compensation. À partir de la géométrie des lieux, de la caractérisation des systèmes de captage, de la position et des caractéristiques aérauliques des dispositifs d'introduction d'air, elle fournit des cartes de vitesse d'air calculées en tout point de l'atelier.

Pour assurer un confort thermique, il est nécessaire de prévoir un dispositif de réchauffage ou de refroidissement de l'air afin d'obtenir une température optimale permettant des conditions de travail satisfaisantes. Les débits d'air extrait sont généralement importants dans les ateliers de traitement de surface. L'obligation de compenser l'air extrait par de l'air neuf (à réchauffer ou à refroidir selon la période) peut conduire à des coûts d'exploitation conséquents.

L'utilisation de systèmes étanches de récupération d'énergie sur l'air extrait rejeté est particulièrement

intéressante (par exemple, un échangeur de chaleur peut être placé au niveau du rejet de l'air de l'installation). De tels systèmes permettent de couvrir au moins 50 % des besoins énergétiques nécessaires au conditionnement de l'air neuf [10].

4.3 Épuration des rejets gazeux

Les différents systèmes d'épuration sont les suivants :

- traitement mécanique : un dévésiculeur arrête les aérosols par chocs dans un système de chicanes ;
- traitement chimique : le traitement de l'air a lieu par lavage fonctionnant par contact avec un liquide absorbant, dissolvant ou précipitant les produits à éliminer par l'action de certains réactifs.

Il est préférable de placer un laveur de gaz sur chaque réseau spécifique, tel que défini plus haut. Pour le chrome, on utilise directement un dévésiculeur avec lavage à l'eau.

Les laveurs sont de deux types :

- laveur à garnissage : l'épurateur est rempli d'éléments qui retardent l'écoulement du liquide à travers l'appareil et permettent un temps de contact important ;
- laveur à pulvérisation : le contact est effectué par l'augmentation de l'interface eau/air grâce à une fine pulvérisation.

À la suite d'un lavage, l'air est en général chargé en aérosols qu'il convient d'éliminer par un dévésiculeur ou séparateur de gouttes.

4.4 Rejet de l'air capté à l'extérieur des locaux

Après captage et épuration, les effluents gazeux et leur pollution résiduelle sont évacués directement à l'extérieur des locaux, en respectant les valeurs de rejet fixées par l'arrêté d'exploitation de l'entreprise. On devra veiller à ce que les sorties

correspondantes soient à une distance supérieure ou égale à 8 m de tout ouvrant ou de prises d'air neuf.

4.5 Ventilation de diverses installations

4.5.1 Station de détoxification

Les ateliers de traitement de surface génèrent une quantité importante d'effluents aqueux qu'il est nécessaire de traiter avant rejet ou avant recyclage dans le procédé. La réglementation relative à la protection de l'environnement impose ainsi une détoxification des eaux et bains avant leur rejet dans le réseau d'évacuation (élimination des cyanures, du chrome VI, ajustement du pH...) [11].

Les stations de détoxification mettent en œuvre de nombreux produits chimiques et sont à considérer comme des ateliers à part entière. En conséquence les principes de ventilation décrits dans ce guide s'appliquent.

Les stations de détoxification comportent :

- des cuves de stockage d'effluents à traiter ;
- des cuves de réactifs ;
- des réacteurs de traitement ;
- des équipements de séparation ;
- des dispositifs d'alimentation, de vidange (pompes, vannes, tuyauterie) ;
- l'instrumentation associée.

La préparation des réactifs doit être effectuée sous captage localisé.

Toutes les cuves doivent être équipées de couvercles et être reliées à un réseau d'aspiration (voir § 3.1).

Le réseau de collecte doit suivre les mêmes règles de séparation que dans l'atelier de traitement.

Les transferts de produits chimiques doivent se faire en utilisant des dispositifs mécaniques (pompe, éjecteur) de préférence aux vidanges manuelles.

L'alimentation des cuves et le système d'agitation doivent être conçus de manière à limiter les émissions. L'alimentation par plongeant sera par

exemple favorisée par rapport à l'alimentation en cascade.

Les cuves doivent être conçues de manière à ne jamais avoir à ouvrir les couvercles pour des opérations de routine comme les prises d'échantillons.

La mise en place des installations de détoxification en espace confiné, comme des sous-sols, doit être proscrite. En effet, le risque d'émanation massive par accident ou par dysfonctionnement reste toujours présent. Pour cette raison, indépendamment des mesures de prévention de ces accidents ou dysfonctionnements, les stations de détoxification existantes, placées dans un espace confiné doivent disposer d'une ventilation puissante de secours.

Elles doivent de plus être équipées d'un système de détection et d'alarme approprié. Ce dispositif est indispensable lorsqu'il y a un risque d'émission de cyanure d'hydrogène.

Pour compléter ces informations, se reporter aux guides spécifiques de l'INRS traitant des ateliers de traitement de surface [12, 13] et des usines de dépollution des eaux résiduaires [14].

4.5.2 Stockage des produits

Le local de stockage doit être ventilé mécaniquement en permanence afin de le maintenir en dépression par rapport aux locaux attenants. Cette ventilation mécanique doit résister à la corrosion. Le débit de ventilation est déterminé après évaluation des risques notamment en fonction des produits stockés, de leur valeur limite d'exposition court terme et de leur limite inférieure d'explosivité. En cas de déversement accidentel de produit, le débit de ventilation doit être augmenté grâce à une commande positionnée à l'extérieur du local. L'air extrait doit être rejeté à l'extérieur sans possibilité de réintroduction.

Selon leur nature, le fractionnement des produits sera réalisé soit en sorbonne [15] soit devant un dossier aspirant ou dispositif de captage localisé de façon à éviter l'exposition du salarié et la dispersion du produit dans le local.

Pour le stockage en vrac, les cuves doivent être maintenues fermées. Elles doivent être équipées d'un évent relié au réseau d'aspiration ou à l'extérieur suivant le niveau d'émissivité.

Dans le cas général, cinq groupes de produits sont à séparer pour empêcher les réactions chimiques dangereuses : les acides, les composés du chrome, les bases, les cyanures et les produits inflammables.

Les règles de stockage des produits (organisation du stockage, agencement des zones de stockage, stockage en cuve, stockage en petits conditionnements) devront s'appliquer [13, 16].

4.5.3 Déchets

Le stockage des déchets s'effectuera dans des conditions de sécurité similaires au stockage des produits chimiques en particulier concernant la gestion des incompatibilités chimiques. Les récipients recevant les déchets devront résister chimiquement aux produits contenus ainsi qu'aux effets extérieurs (intempéries, incidents de maintenance, etc.). Une étiquette de danger sera apposée sur chaque récipient de stockage de déchets dangereux. Chaque entreprise est responsable de l'élimination de ses déchets et doit s'assurer que leur élimination a lieu conformément à la réglementation. Les déchets en attente de traitement constituent un risque permanent pour le personnel et l'environnement : un traitement ou un enlèvement régulier permettra de réduire au minimum leur volume et leur durée de stockage.

4.5.4 Risque incendie/explosion

Les produits de traitement chimique sont parfois inflammables ou sont en capacité de former des gaz inflammables lors de la mise en œuvre du procédé. Une concentration supérieure à la Limite Inférieure d'Explosivité (LIE) couplée à la présence d'une source d'inflammation peut produire une explosion. De telles conditions sont susceptibles d'être réunies suite à un dysfonctionnement du système de ventilation ou d'une génération trop importante d'hydrogène (dégagement d'hydrogène par exemple lors d'opération de décapage acide ou de traitements électrolytiques). Le risque incendie/explosion doit être évalué en tenant compte des produits utilisés, des conditions de mise en œuvre du procédé et des dérives potentielles. À l'issue de cette évaluation, l'atelier doit être l'objet d'un classement des zones à risque de formation d'Atex qui définit le niveau de protection

contre les inflammations requis pour les différents matériels électriques ou non électriques installés ou mis en œuvre au niveau des lignes de traitement et de leur environnement [20].

4.5.5 Préparation des bains

Lorsque la préparation des bains est effectuée dans une cuve spécialisée [13], un captage à la source doit être installé.

4.5.6 Laboratoire d'analyse

Les opérations de contrôle de la qualité des bains et des eaux résiduaires sont susceptibles de dégager des polluants atmosphériques.

Le dispositif de captage le plus adapté pour ce type de travail est la sorbonne [15].

4.6 Contrôle d'un système de ventilation

Il est nécessaire réglementairement d'établir et de tenir à jour un dossier d'installation d'aération et d'assainissement des locaux de travail. Ce dossier est composé d'une notice d'instruction et d'une consigne d'utilisation [17, 18]. Le contrôle d'une installation de ventilation (locale ou générale) doit être effectué au moment de sa première mise en route et périodiquement en cours de fonctionnement [7]. Pour les méthodes de contrôle, il convient de se reporter au guide pratique de ventilation « Principe généraux de ventilation » [8]. Des points de contrôle doivent être prévus dès la conception de l'installation.

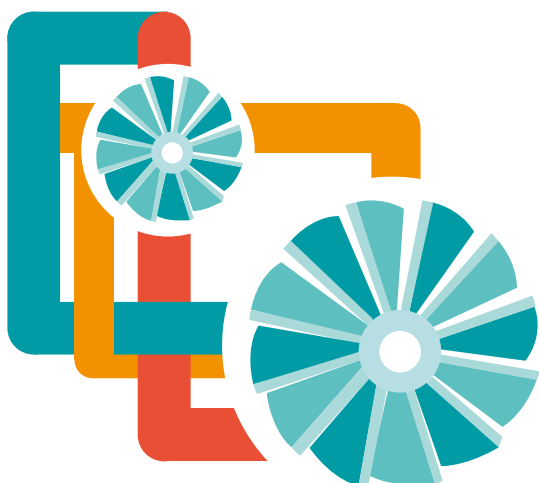
4.7 Bruit des installations d'extraction et de compensation

Le fonctionnement des installations de ventilation génère souvent du bruit. Celui-ci est non seulement source d'inconfort, mais peut aussi altérer l'audition au-delà d'un certain niveau d'exposition.

Il est donc nécessaire de concevoir une installation intégrant plusieurs principes de réduction des niveaux sonores et respectant les règles de conception des réseaux aérauliques pour limiter les phénomènes de turbulence (ces règles sont détaillées dans le guide pratique de ventilation « Principes généraux de ventilation » [8]), notamment en agissant sur :

- les sources de bruit en retenant les équipements de ventilation les moins bruyants possibles (ventilateur à faible vitesse de rotation, etc.) ;
- les singularités génératrices de turbulences en évitant les tuyaux souples de raccordement, les coudes proches des ventilateurs, les réductions brutales, les piquages droits, etc. ;
- Les voies de transfert :
 - 1) aérienne :
 - sélection des vitesses de transport dans les conduits les plus faibles possibles compatibles avec le besoin ;
 - encoffrement du ventilateur ;
 - mise en place de silencieux sur le réseau, etc. ;
 - 2) solidienne :
 - pose de manchettes souples entre le ventilateur et les conduits ;
 - ventilateur posé sur silentblocs ;
 - découplage des conduits, etc.

Dans le cadre de procédés de traitements chimiques ou électrolytiques opérant par immersion de pièces dans des liquides, les niveaux sonores aux postes de travail générés uniquement par l'installation de ventilation doivent être inférieurs ou égaux à 70 dB(A) sans majorer de plus de 2 dB(A) les niveaux sonores ambiants liés aux procédés de traitement et autres activités.



5. Les dossiers techniques

5.1 Robot embarqué de rinçage par eau osmosée

Contexte

L'entreprise est spécialisée dans le secteur d'activité du traitement et du revêtement des métaux destinés particulièrement à l'aéronautique. La ligne de production a été réalisée en 2016.



Photo 1. Vue d'ensemble de la ligne automatisée

Le traitement anticorrosion mis au point par le donneur d'ordre est sans chrome et sans nickel. La ligne automatique est équipée de 20 cuves alignées (photo 1).

Tous les bains actifs et les rinçages chauffés sont recouverts de couvercles mobiles en deux parties (photo 2).

Installation de ventilation

Les cuves de longueur 2,2 m et de largeur 0,8 m ou 1,4 m disposent d'aspirations bilatérales intégrées à leurs couvercles. À l'ouverture des couvercles (photo 2), en présence du portique ou à la suite d'une action sur une commande bi manuelle, la ventilation du bain passe du faible débit sous couvercle au débit recommandé pour une cuve ouverte (voir. § 3.1).

L'originalité de cette ligne consiste en la présence d'un portique mobile pourvu d'une enceinte de rinçage embarquée (photo 1).

Lorsque le portique se positionne au-dessus d'une cuve (photo 3), les couvercles de la cuve s'ouvrent, la ventilation augmente, le palan descend pour immerger les pièces. Après traitement, les pièces sont remontées à l'intérieur de l'enceinte (photo 3). Des capots formant rétention se ferment alors sous le portique et les pièces sont aspergées d'eau osmosée à l'aide de rampes de pulvérisation. Les égouttures sont récupérées par gravité en deux points (ovales rouges sur photo 4



© Cramif/2022

■ Photo 2. Cuve ouverte avec dispositif de captage bilatéral

dans la goulotte noire) ; les eaux de ruissellement sont récupérées par gravité et s'écoulent vers la station d'épuration (ovale vert sur photo 4).

La visualisation au fumigène met en évidence que le dimensionnement des caissons d'aspiration intégrés au couvercle et de leurs fentes permet d'obtenir une vitesse d'aspiration à la fente homogène. Les vérifications annuelles sont effectuées par un organisme de contrôle.

Commentaires

Grâce à l'utilisation de l'enceinte de rinçage embarquée, l'entreprise a pu réaliser :

- un gain d'espace avec six cuves de rinçage intermédiaires en moins ;
- un gain de consommation d'eau avec six cuves en moins et un rinçage courant avec une faible quantité d'eau consommée.

L'automatisation de la ligne de traitement, pilotée à distance à partir d'un local annexe permet de limiter l'exposition du conducteur de ligne aux produits chimiques.

L'utilisation de couvercles multi-fentes permet de :

- limiter le débit global de l'installation à 9 000 m³.h⁻¹ alors que 33 000 m³.h⁻¹ auraient été nécessaires si toutes les cuves avaient été ouvertes ;
- limiter les émissions de polluants résiduels dans le local ;
- limiter le débit de compensation d'air extrait à introduire ;

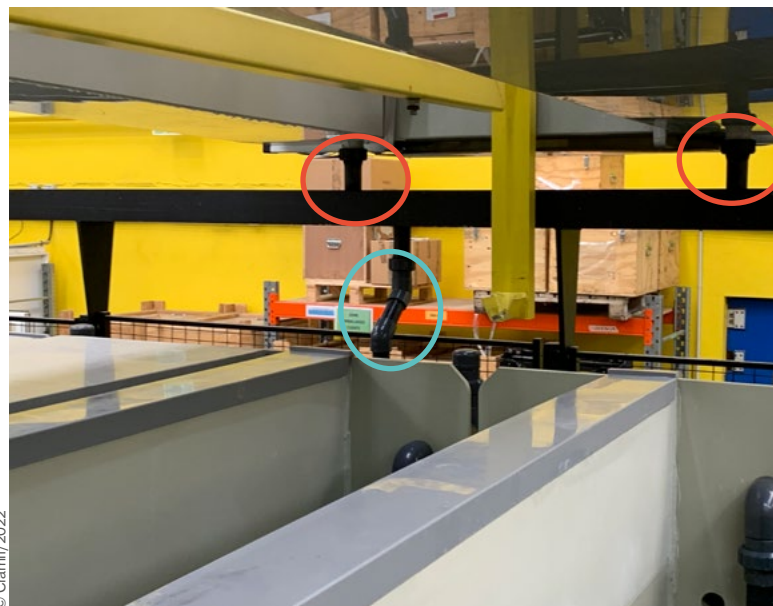


© Cramif/2022

■ Photo 3. Ouverture des couvercles et remontée des pièces dans l'enceinte de rinçage

- limiter les déperditions de chaleur des bains chauffés.

Il est recommandé de mettre en place une extraction d'air au niveau de l'enceinte de rinçage embarquée de façon à la maintenir en légère dépression par rapport à l'atelier (voir § 3.4). Le rejet de cette extraction doit être réalisé à l'extérieur du bâtiment.



© Cramif/2022

■ Photo 4. Sous-face du portique avec point d'évacuation en rigole

5.2 Optimisation des débits d'extraction et maîtrise de la compensation d'air

Contexte

L'entreprise appartient à un groupe international du secteur de l'aéronautique. L'atelier de traitement de surface est un atelier intégré, destiné à traiter les pièces fabriquées dans l'usine. L'installation permet de traiter environ 10 000 pièces par an. Elle a été mise en service en 2014 dans un bâtiment spécifiquement créé.

Afin d'améliorer le procédé et les conditions de travail des opérateurs plusieurs choix ont été opérés :

- mise au bain automatique afin d'éloigner les opérateurs des bains ;
- ventilation de la totalité des bains actifs ;
- mise en place de couvercle sur les bains afin de réduire le débit de ventilation et la déperdition de chaleur ;
- apport d'air de compensation sur l'installation avec traitement thermique de l'air, chauffage en hiver et rafraîchissement en été.

Installation de ventilation

L'installation de ventilation centralisée couvre 3 lignes de traitement distinctes. Les cuves sont de taille réduite (0,9 m x 1 m) (photo 5). Les pièces sont positionnées sur des barres ou dans des paniers et mises automatiquement au bain à l'aide d'un robot (photo 6). Les opérateurs ne sont présents sur les chaînes que pour les opérations de maintenance et en cas de dysfonctionnement. Le système d'aspiration est intégré aux capots.

L'installation en chiffres

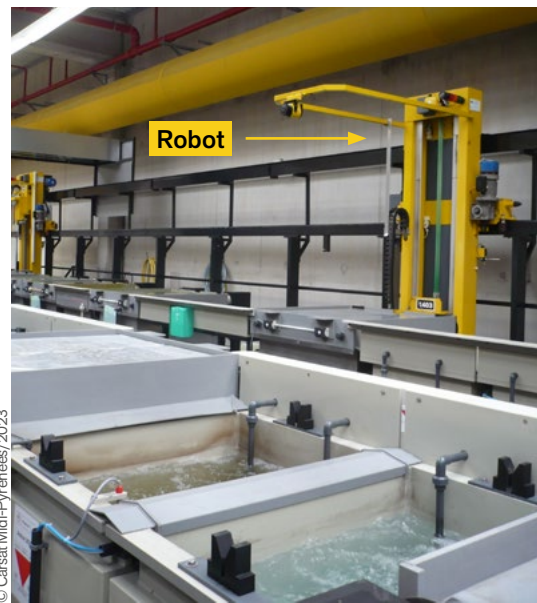
- nombre de cuves ventilées : 20 ;
- nombre de cuves ouvertes simultanément : 3 maximum, 1 sur chaque ligne ;
- débit cuves fermées : 5 500 m³.h⁻¹ ;
- débit maximum avec 3 cuves ouvertes sur les bains nécessitant les vitesses de captage les plus élevées : 10 000 m³.h⁻¹ ;
- débit théorique si toutes les cuves étaient ouvertes : 21 000 m³.h⁻¹.

Gains en termes de débit

- activité tous couvercles fermés : 15 500 m³.h⁻¹ ;
- chaîne en activité avec 3 couvercles ouverts : 11 000 m³.h⁻¹ (a minima).



■ Photo 5. Cuve ouverte avec dispositif de captage bilatéral



■ Photo 6. Robot de manutention

Des trappes ont été intégrées sur la gaine d'aspiration principale pour faciliter le nettoyage des conduits.

L'air de compensation, régulé en température, est introduit dans l'atelier via 2 gaines textiles à diffusion totale situées de part et d'autre du local (photo 7). L'atelier est maintenu en dépression (- 8 Pa) à l'aide d'un automate.

Les performances aérauliques sont vérifiées annuellement par un organisme de contrôle et le rapport de contrôle est transmis à l'installateur en cas de dérive.

Une maintenance régulière est assurée : vidange des cuves tous les 3 ans, nettoyage des capteurs, nettoyage complet du réseau de ventilation tous les 5 ans.

Commentaires

L'entreprise a fait le choix de ne pas mettre en place de station de détoxication.

La chaîne est équipée d'un système de vidange automatique des bains. Les effluents sont directement évacués dans 2 bacs spécifiques (acides et bases) de 3 m³ situés sur rétention à l'extérieur du bâtiment.

Les effluents sont pris en charge par un prestataire extérieur, transportés par camion-citerne et le traitement est externalisé.



■ Photo 7. Gaine textile à diffusion totale pour la compensation d'air

5.3 Traitement de pièces par bac de pulvérisation

Contexte

Une entreprise de chaudronnerie réalise des pièces mécano-soudées en acier inoxydable de dimensions très variables. Les exigences de clients imposent des soudures devant être décapées à l'acide fluonitrique et passivées à l'acide nitrique.

Ces opérations étaient réalisées par projections ou par trempage dans un bac, suivies de rinçages manuels. Le local de décapage était dépourvu de tout moyen de ventilation.

De tels procédés exposent les chaudronniers aux risques liés à l'utilisation de ces produits chimiques (contacts cutanés, inhalation) qui peuvent provoquer notamment des brûlures graves et profondes entraînant des nécroses voire le décès et des risques très graves par inhalation.

L'entreprise a mis en place un bac fermé qui permet le traitement par pulvérisation de décapant et de passivant et le rinçage pour des pièces de moyennes et faibles dimensions.

Installation de ventilation

Le bac de pulvérisation a une longueur de 3,5 m, une largeur de 1,5 m et une hauteur de 1,5 m (photo 8).



■ Photo 8. Bac de pulvérisation

L'unité est composée du bac de pulvérisation et de cuves de stockage des acides et effluents de traitement (photo 9) mis en dépression par une même installation de ventilation. Les rejets réalisés à l'extérieur du bâtiment sont dépollués par un dévésiculateur.

Un test aux fumigènes a montré que l'ensemble de l'unité est correctement mis en dépression. La fumée est captée dans les interstices des ouvertures des capots. Lorsque l'un des capots des cuves de stockage est ouvert, une bonne efficacité de captage dans son ouverture est constatée. Dans leur plan d'ouverture (0,38 m x 0,29 m), il est relevé une vitesse moyenne d'air de 0,5 m.s⁻¹ soit un débit d'environ 200 m³.h⁻¹.

Avec l'ensemble des cuves fermées, un débit de 240 m³.h⁻¹ est relevé dans le conduit de rejet (\varnothing_{int} : 120 mm). Lorsque le capot de la cuve de stockage du passivant est ouvert, le débit d'extraction est évalué à 280 m³.h⁻¹ environ dans le conduit de rejet.

Le niveau sonore dû à l'installation de ventilation seule est inférieur à 57 dB(A).

Des prélèvements chimiques individuels et d'ambiance lors d'opérations de décapage automatique et de rinçage manuel des pièces après décapage automatique ont révélé des niveaux très faibles de concentrations d'acides fluorhydrique et nitrique et d'oxydes d'azote.



■ Photo 9. Cuve de stockage du décapant et du passivant

Commentaires

Les cuves et les pompes de produits actifs sont placées sur rétention. Cette zone technique présente des risques de projection en cas de fuite ou de rupture des canalisations. La mise en place de parois de séparation d'avec le reste de l'atelier et la restriction d'accès au seul personnel habilité et équipé des équipements de protection individuelle adaptés sont nécessaires.

L'entreprise réalise des pièces de grandes dimensions. Les opérations de décapage et passivation sur ce type de pièces sont complexes et présentent des risques élevés d'exposition par inhalation et par contact cutané. L'entreprise a séparé la zone de projection du reste de l'atelier et a mis en place un caisson de ventilation localisée.

5.4 Optimisation des efficacités de captage par ajout de couvercles coulissants en traitement électrolytique

Contexte

L'entreprise est spécialisée dans le traitement et la finition de surfaces métalliques (inox, titane, aluminium) en prestation pour des acteurs divers, de la pharmacie à l'aéronautique. L'atelier comporte des baignoires de dimensions importantes avec dossier aspirant et une chaîne de traitement de surface automatique avec enceinte ventilée embarquée. Les baignoires de grande taille sont dédiés au décapage fluonitrique, au rinçage, au dégraissage phosphorique et au polissage électrolytique.

Installation de ventilation

Les baignoires actives sont dotées sur toute leur longueur d'un dossier aspirant de 1,5 m de hauteur (aspiration unilatérale avec dossier). Le débit global extrait par l'ensemble des dossiers est de 53 000 m³.h⁻¹. La compensation de l'air extrait de l'atelier est assurée mécaniquement au moyen

d'une gaine textile permettant l'introduction de 60 000 m³.h⁻¹ d'air de compensation, tempéré en période hivernale. Ce débit global de compensation prend également en compte la chaîne automatique de traitement de surface (17 000 m³.h⁻¹). La compensation résiduelle nécessaire est assurée par les différents ouvrants de l'atelier.

Malgré un débit global extrait important, certaines cuves présentaient un déficit de débit de captage. Afin d'y pallier, des capotages coulissants manuellement et venant couvrir les zones actives des cuves ont été installés (photo 10).

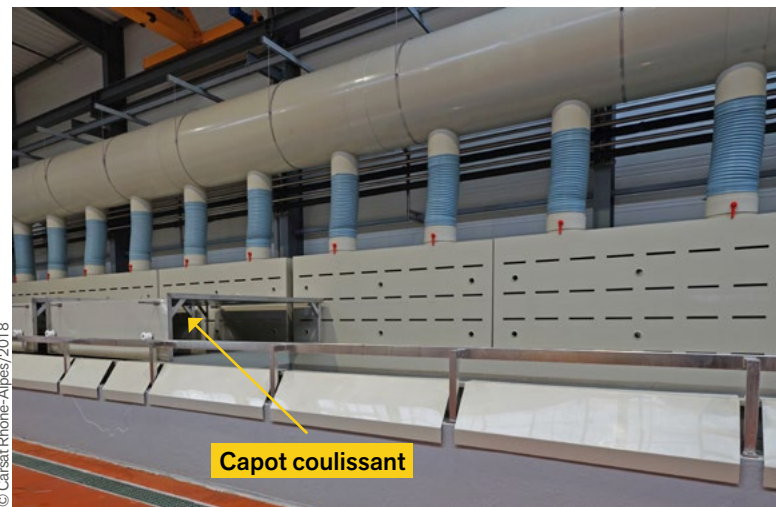
Commentaires

Le capotage mobile ventilé par le dossieret aspirant peut être optimisé en englobant les fentes sur la totalité de la hauteur des dossierets.

5.5 Activité de traitement de surface dans un conteneur aménagé à cet effet

Contexte

L'entreprise a une activité de cintrage, de formage et d'assemblage de pièces de tuyauterie. Pour les secteurs aéronautique ou spatial, ces pièces doivent subir un traitement de surface avec de l'acide fluonitrique. Au départ cette opération était effectuée dans des bacs dénués de tout captage. Pour améliorer les conditions de travail, cette entreprise s'est dotée d'un conteneur dans lequel est implantée la ligne de traitement de surface avec sa ventilation. La ligne de traitement est composée de 2 cuves dédiées au traitement de pièces en titane, de 2 cuves de traitement de pièces en aluminium et d'une cuve centrale dédiée au rinçage final par aspersion manuelle. Pour chaque partie, une cuve est dédiée au traitement actif et l'autre au rinçage. Le conteneur a été modifié afin d'être adapté à l'activité de traitement de surface avec acides notamment par l'ajout d'un revêtement de surface sur les parois internes du



■ Photo 10. Capotages coulissants et dossierets aspirants

conteneur. Les cuves sont de faibles dimensions (1 m x 0,4 m environ). Les pièces sont déplacées à l'aide d'un palan motorisé.

Installation de ventilation

Une solution par aspiration unilatérale sous couvercle a été adoptée. Le débit de ventilation de la cuve de décapage de pièces en titane est de 900 m³.h⁻¹ lorsque le couvercle de la cuve est levé. Celui de la cuve de dérochage de pièces en aluminium est de 1 600 m³.h⁻¹ dans la même configuration. Le ventilateur est doté d'un variateur de fréquence qui permet d'adapter les débits mis en œuvre aux configurations d'utilisation des cuves. La position du variateur de fréquence est asservie à la position du couvercle et à la simultanéité d'utilisation des traitements. Les couvercles ont 2 objectifs, en position basse, ils permettent de garantir une efficacité de captage avec un débit d'aspiration faible. En position haute, ils protègent l'opérateur d'éventuelles projections dangereuses (photo 11 page suivante).

En l'absence de traitement et d'activité, une ventilation mécanique résiduelle est maintenue au niveau des cuves afin d'assurer un balayage pour assainir l'ambiance du conteneur.

L'air capté est rejeté à l'extérieur de l'atelier après épuration au moyen d'un laveur de gaz positionné à l'arrière du conteneur. De par la configuration du conteneur installé dans l'atelier, la compensation

de l'air extrait est assurée simplement par ouverture de la porte en phase de fonctionnement et par une grille en paroi lorsqu'aucune opération de traitement n'est en cours.

Commentaires

La prise en compte d'un franc-bord de l'ordre de 0,3 m peut permettre de diminuer le débit d'extraction de la cuve aluminium au bénéfice de la cuve titane.

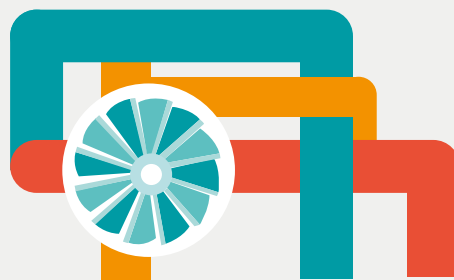
Cette installation peut être appliquée à d'autres situations de traitement de surface de pièces de petite taille (bijouterie...).



© INRS/2019

■ Photo 11. Bains et couvercles servant de protection

Annexes



Annexe 1. Exemples de polluants susceptibles d'être émis dans l'atmosphère des ateliers de traitement de surface et faisant l'objet de valeurs limites d'exposition professionnelle françaises ou américaines (ACGIH)

	VLEP-8h		VLCT (court terme)		Indice de toxicité
	ppm	mg.m ⁻³	ppm	mg.m ⁻³	
Acétaldéhyde	100				B
Acide borique*	Voir l'entrée « Borates inorganiques »				
Acide acétique	10		20		A
Acide chlorhydrique			5		A
Acide chromique	Voir l'entrée « Chrome VI et ses composés (en Cr) »				
Acide cyanhydrique (en cyanure)	0,9		4,5		A
Acide fluorhydrique	1,8		3		A
Acide formique	5				A
Acide nitrique			1	2,6	A
Acide oxalique		1			B
Acide phosphorique		1		2	B
Acide sulfurique		0,05		3	A
Alcool éthylique	1 000		5 000		D
Alcool isopropylique			400		B
Aldéhyde formique (formaldéhyde)	0,3		0,6		A
Aluminium et composés insolubles*		1			B
Aluminium (sels solubles)		2			C
Aluminium (trihydroxyde d')	Voir l'entrée « Aluminium et composés insolubles »				
Ammoniac anhydre	10		20		A
Antimoine et ses composés (en Sb)		0,5			B
Argent (composés solubles) (en Ag)		0,01			A
Trioxyde de diarsenic, en As		0,01			A
Borates inorganiques (dont acide borique et borates)*		2		6	C
2-butoxyéthanol		49		246	D
2-(2-butoxyéthoxy)éthanol		67,5		101,2	D
Cadmium et ses composés inorganiques (en Cd)		0,004			A
Cadmium (sulfate de)	Voir l'entrée « Cadmium et ses composés inorganiques (en Cd) »				



	VLEP-8h		VLCT (court terme)		Indice de toxicité
	ppm	mg.m ⁻³	ppm	mg.m ⁻³	
Chromate (VI) de zinc	Voir l'entrée « Chrome VI et ses composés (en Cr) »				
Chrome (métal), composés de chrome inorganiques (II) et composés de chrome inorganiques (insolubles) (III)		2			C
Chrome III (composés inorganiques solubles) (en Cr)*		0,003			A
Chrome III (hydroxysulfate de)*	Voir l'entrée « Chrome III (composés inorganiques solubles) (en Cr) »				
Chrome (III) (orthophosphate de)	Voir l'entrée « Chrome (métal), composés de chrome inorganiques (II) et composés de chrome inorganiques (insolubles) (III) »				
Chrome (III) (trichlorure de)	Voir l'entrée « Chrome (métal), composés de chrome inorganiques (II) et composés de chrome inorganiques (insolubles) (III) »				
Chrome (III) (trifluorure de)	Voir l'entrée « Chrome (métal), composés de chrome inorganiques (II) et composés de chrome inorganiques (insolubles) (III) »				
Chrome (III) (trinitrate de)*	Voir l'entrée « Chrome III (composés inorganiques solubles) (en Cr) »				
Disulfate de chrome (III) et de potassium, dodécahydrate*	Voir l'entrée « Chrome III (composés inorganiques solubles) (en Cr) »				
Chrome VI et ses composés (en Cr)		0,001		0,005	A
Chrome (VI) (trioxyde de)	Voir l'entrée « Chrome VI et ses composés (en Cr) »				
Bichromates de sodium et potassium	Voir l'entrée « Chrome VI et ses composés (en Cr) »				
Tris(chromate)(CrVI) de dichrome(CrIII)	Voir l'entrée « Chrome VI et ses composés (en Cr) »				
Cobalt (composés inorganiques) (en Co)*		0,02			A
Cobalt (dinitrate de)*	Voir l'entrée « Cobalt (composés inorganiques) (en Co) »				
Cobalt (sulfate de)*	Voir l'entrée « Cobalt (composés inorganiques) (en Co) »				
Cyanures (en CN) sauf cyanures nommément désignés		5			C
Cyanure de potassium		1		5	B
Cyanure de sodium		1		5	B
Diéthanolamine		15			D
Diéthylènetriamine		4			C
N,N-Diméthylformamide		15		30	D
Dioxyde d'azote	0,5		1		A
Étain et composés inorganiques, en Sn*		2			C
Étain (dichlorure de)*	Voir l'entrée « Etain et composés inorganiques, en Sn »				
Ethanolamine		2,5		7,6	C
Fluorures inorganiques (en F)		2,5			C
Fluorure d'ammonium	Voir l'entrée « Fluorures inorganiques (en F) »				
Fluorure de sodium (en F)		2			C
Hexafluorozirconate de sodium ou de potassium*	Voir l'entrée « Zirconium et composés (en Zr) »				
Hydrogène antimoné	0,1				A
Hydrogène sélénié (en Se)	0,02		0,05		A
Indium et ses composés (en In)*		0,1			A
Manganèse et ses composés, fraction alvéolaire, en Mn		0,05			A
Manganèse (dinitrate de)	Voir l'entrée « Manganèse et ses composés, fraction alvéolaire, en Mn »				



	VLEP-8h		VLCT (court terme)		Indice de toxicité
	ppm	mg.m ⁻³	ppm	mg.m ⁻³	
Manganèse (hydrogénophosphate de)	Voir l'entrée «Manganèse et ses composés, fraction alvéolaire, en Mn »				
Méthanol	200		1 000		C
(2-méthoxyméthyléthoxy)propanol		308			D
Méthyléthylcétone	200		300		C
N-Méthyl-2-pyrrolidone		40		80	D
Molybdène et composés solubles, en Mo		5		10	C
Molybdate de disodium	Voir l'entrée « Molybdène et composés solubles, en Mo »				
Nickel et composés inorganiques solubles, en Ni*		0,1			A
Nickel (dinitrate de)*	Voir l'entrée « Nickel et composés inorganiques solubles, en Ni »				
Nickel (sulfate de) (en Ni)		0,1			A
Nickel (dichlorure de)*	Voir l'entrée « Nickel et composés inorganiques solubles, en Ni »				
Permanganate de sodium	Voir l'entrée « Manganèse et ses composés, fraction alvéolaire, en Mn »				
Peroxyde d'hydrogène (eau oxygénée)		1,5			C
Plomb métallique et composés (en Pb)		0,1			A
Plomb (dinitrate de)	Voir l'entrée « Plomb métallique et composés (en Pb) »				
Rhodium (composés solubles) (en Rh)*		0,01			A
Sodium (disulfite de)		5			C
Sodium (hydroxyde de)		2			C
Tétrafluoroborate de sodium ou de potassium*	Voir l'entrée « Borates inorganiques »				
Triéthanolamine*		5			C
Tungstène et composés (en l'absence de cobalt), en W*		3			C
Zirconium et composés (en Zr)*		5		10	C

*Valeurs ACGIH (2023).

Pour la détermination de l'indice de toxicité des bains, il faut se référer à la valeur limite d'exposition professionnelle sur 8 heures (VLEP-8h), si elle existe, et à défaut 1/5^e de la valeur limite d'exposition professionnelle court terme (VLCT).

Lorsque le polluant est émis majoritairement sous forme de gaz, la valeur limite est indiquée en ppm. Lorsqu'il est émis sous forme d'hydro-aérosol, cette valeur est indiquée en mg.m⁻³.

Avertissement

Les VLEP indiquées sont celles en vigueur au moment de la rédaction du guide. Lors de la conception d'une installation, il est recommandé de vérifier si ces valeurs ont été modifiées et le cas échéant de déterminer le nouvel indice de toxicité.

Annexe 2. Vitesses de captage préconisées pour les principaux bains utilisés en traitement de surface

Cette annexe intègre l'annexe E de la norme NF EN 17059:2018. Suite à des évolutions de VLEP depuis la parution de cette norme, certaines vitesses de captage ont été modifiées.

Type de bain	Température (°C)	Constituants dangereux du bain	Natures physique et chimique des constituants émis dans l'atmosphère en fonctionnement normal	Classe	Vitesse de captage
Dégraissage chimique					
Fer, cuivre	40 - 80	Soude, composés alcalins	Aérosol alcalin	C3 - C2 (2)	V4-V3
Aluminium et alliages, zinc et alliages	40 - 80	Soude, composés alcalins (1)	Aérosol alcalin	C3 - C2 (2)	V4-V3
Dégraissage électrolytique		(1)			
<i>Cyanuré</i>					
Fer, cuivre et alliages	20	Soude, composés alcalins, cyanures	Aérosol alcalin et cyanuré	B3 (19)	V3
Zinc, aluminium et alliages	20	Soude, cyanures	Aérosol alcalin et cyanuré	B3 (19)	V3
<i>Non cyanuré</i>					
Fer, cuivre, aluminium et zamak	20 - 70	Soude, composés alcalins	Aérosol alcalin	C3 - C2 (2)	V4-V3
Décapage du fer		(1)			
<i>Acide</i>					
Fonte, acier moulé	20	Acide chlorhydrique	Vapeurs acides	A4	V4
Fer avec brasure	70 - 80	Acide chlorhydrique	Vapeurs acides	A2	V1
Acier inox	20 - 60	Acides nitrique et fluorhydrique	Oxydes d'azote et vapeurs acides	A4 - A3	V4-V2
<i>Alcalin</i>					
Prédécapage et décapage de la rouille	80 - 100	Soude	Aérosol alcalin	C1	V2
Décapage du cuivre					
Dérochage	20	Acide sulfurique	Aérosol acide	A4	V4
Prébrillantage et brillantage (bain de blanc)	20	Acides nitrique et chlorhydrique	Oxydes d'azote et vapeurs acides	A2	V1
Décapage chromique	20	Acides sulfurique et chromique	Aérosol acide et chromique	A4	V4
Décapage eau oxygénée	20	Acide sulfurique et eau oxygénée	Aérosol acide et oxydant	A4	V4
Bain de mat	20	Acides nitrique et sulfurique	Oxydes d'azote et aérosol acide	A2	V1



Type de bain	Température (°C)	Constituants dangereux du bain	Natures physique et chimique des constituants émis dans l'atmosphère en fonctionnement normal	Classe	Vitesse de captage
Décapage de l'aluminium					
<i>Acide</i>					
Sulfochromique	20 - 70	(1) Acides sulfurique et chromique	Aérosol acide et chromique	A4 - A2 (2)	V4-V1
Nitrique fluorhydrique	20	Acides nitrique et fluorhydrique	Oxydes d'azote et vapeurs acides	A2	V1
Nitrique	20	Acide nitrique	Oxydes d'azote	A3 - A2 (3)	V2-V1
Phosphorique	20 - 35	(4)	(4)	(4)	V4
Sulfo-nitro-ferrique	40	Acides sulfurique et nitrique	Oxydes d'azote et aérosols acides	A3 - A2 (3)	V2 - V1 (18)
<i>Alcalin</i>					
Alcalin	40 - 60	(1) Soude, composés alcalins	Aérosol alcalin	C3 - C2 (2)	V4 -V3
Satinage	50	Soude	Aérosol alcalin	C2	V3
Décapage électrolytique					
Décapage et attaque anodique	20 - 60	(1) Acide sulfurique	Aérosol acide	A3 - A2 (2)	V2-V1
Polissage chimique / brillantage					
Aluminium, cuivre et alliages	55 - 110	Acides nitrique, acétique et phosphorique	Oxydes d'azote et vapeurs acides	A2 - A1 (2)	V1-V1
Polissage électrolytique / brillantage électrolytique					
Aluminium et alliages	90 - 95	(1) Acides phosphorique, sulfurique et chromique	Aérosol acide et chromique	A1	V1
Argent	20	Cyanures et sels d'argent	Aérosol cyanuré et argenté	A3 - A2 (5)	V2-V1
Or	60	Cyanures	Aérosol cyanuré	B1 (19)	V2
Cuivre et alliages, acier inox	60 - 70	Acides phosphorique, sulfurique	Aérosol acide	A2	V1
Acier inox	110	Acide phosphorique	Aérosol acide	B1	V2
Dépôts électrolytiques alcalins					
<i>Argentage</i>					
- non cyanuré	15 - 25	(4)	(4)	(4)	V4
- brillant cyanuré	15 - 25	(4)	(4)	(4)	V4
Cadmiage cyanuré	20	(4)	(4)	(4)	V4
<i>Cuivrage</i>					
- précuivrage et cuivrage cyanuré	40 - 60	Cyanures, composé alcalins	Aérosol alcalin et cyanuré	B3 (19)	V3
- cuivrage au pyrophosphate	60	Composés alcalins	Aérosol alcalin	C3	V4



Type de bain	Température (°C)	Constituants dangereux du bain	Natures physique et chimique des constituants émis dans l'atmosphère en fonctionnement normal	Classe	Vitesse de captage
Dorage					
- bain d'or, dorure légère, alliage d'or	20 - 65	Cyanures, composé alcalins	Aérosol alcalin et cyanuré	B4 - B3 (2) (19)	V4-V3
- bain d'or sulfite	20 - 55	(4)	(4)	(4)	V4
Étamage	75 - 80	Soude, sels d'étain	Aérosol alcalin	C2	V3
Étain-cobalt					
- sulfate	40 - 45	(4)	(4)	(4)	V4
Palladiage	30 - 50	Composés alcalins	Aérosol alcalin	A4 (15)	V4
Zingage					
- cyanuré (bas, moyen ou haut cyanure)	20	Cyanures, soude	Aérosol alcalin et cyanuré	B3 (19)	V3
- sans cyanure (densité de courant faible ou élevée)	20	Soude	Aérosol alcalin	C3 - C2 (5)	V4-V3
Zinc-nickel, zinc-fer (densité de courant faible ou élevée)	20	Soude	Aérosol alcalin	C3 - C2 (5)	V4-V3
Alliages divers					
- Laiton	20 - 50	Cyanures, composés alcalins	Aérosol alcalin et cyanuré	B3 - B2 (6) (19)	V3-V2
- Bronze, spéculum, étain-zinc	65	Cyanures, composés alcalins	Aérosol alcalin et cyanuré	B2 (19)	V2
Dépôts électrolytiques acides		(1)			
Cadmiage	15 - 30	Acides et sels de cadmium	Aérosol acide et cadmié	A4	V4
Chromage					
- chromage dur, décor, noir	30 - 55	Acides sulfurique et chromique	Aérosol acide et chromique	A1	V1
- décor au chrome trivalent	20	Acides renfermant du Cr III	Aérosol acide	A3 (16)	V2
Cobaltage	45 - 60	Sels de cobalt	Aérosol contenant du cobalt	A3 - A2	V2-V1
Cuivrage					
- au sulfate (mat, brillant)	20	Acide sulfurique	Aérosol acide	A4	V4
- au fluoborate	20	Fluoborates	Aérosol de fluoborates	C3	V4
Dorage, or-nickel, or-cobalt					
- aurocyanures	35	(4)	(4)	(4)	V4
- auricyanures	40	Acide sulfurique	Aérosol acide	A4	V4
Étamage					
- au sulfate (mat, brillant)	20	Acide sulfurique	Aérosol acide	A4 (8)	V4
- au fluoborate	20 - 40	Fluoborates	Aérosol de fluoborates	C3	V4
- bain halogéné	65	Fluorures	Aérosol de fluorures	C2	V3
Étain-nickel	70	Halogénures de nickel	Aérosol d'halogénures de nickel	A2	V1



Type de bain	Température (°C)	Constituants dangereux du bain	Natures physique et chimique des constituants émis dans l'atmosphère en fonctionnement normal	Classe	Vitesse de captage
Étain-plomb					
- au fluoborate	20	Fluoborates et sels de plomb	Aérosol de fluoborates et contenant du plomb	A3	V2
- au sulfonate	25 - 45	Alkyl-sulfonates de plomb	Aérosol contenant du plomb	A3	V2
- brillant et mat	20	Aldéhyde formique (formol)	Vapeur de formol	A2	V1
Étain-cobalt					
- bain halogéné	65 - 70	Halogénures et sels de cobalt	Aérosol d'halogénures et de sels de cobalt	A2	V1
Fer					
- sulfate	30 - 70	(4) (7)	(4)	(4)	V4
- fluoborate	55 - 65	Fluoborate	Aérosol de fluoborate	C2	V3
Indium					
- sulfamate	20	Sulfamate d'indium	Aérosol de sulfamate d'indium	A4	V4
- fluoborate	60	Fluoborate d'indium	Aérosol de fluoborate d'indium	A3	V2
Nickelage					
- bain de Wood	20 - 40	Acide chlorhydrique, sels de nickel	Vapeur et aérosol	A4 - A3	V4-V2
- bain de Watt (chlorure, sulfate)	45 - 55	Sulfate et chlorure de nickel	Aérosol de sulfate et chlorure de nickel	A4 - A3 (9)	V4-V2
- sulfamate	45 - 55	Sulfamate de nickel	Aérosol de sulfamate de nickel	A4 - A3 (9)	V4-V2
- fluoborate	40 - 45	Fluoborate de nickel	Aérosol de fluoborate de nickel	A4 - A3 (9)	V4-V2
Plombage	25 - 40	Fluoborate, acide fluoborique, sels de plomb	Aérosol de fluoborate de plomb, vapeur acide	A3 (10)	V2
Rhodiage					
- sulfate et phosphate	35 - 50	Acides et sels de rhodium (1)	Aérosol acide et rhodié	A4 (15)	V4
Ruthénium	60	Sulfamate et nitroschlorure de ruthénium	Aérosol acide	C2	V3
Zingage					
- chlorure	20	Chlorure de zinc	Aérosol de chlorure de zinc	C3	V4
- fluoborate	25 - 40	Fluoborate	Aérosol de fluoborate	C3	V4
Zinc-nickel, zinc-cobalt	30 - 37	Sels de nickel ou de cobalt	Aérosol de sels de nickel ou de cobalt	A4 - A3 (5)	V4-V2



Type de bain	Température (°C)	Constituants dangereux du bain	Natures physique et chimique des constituants émis dans l'atmosphère en fonctionnement normal	Classe	Vitesse de captage
Dépôts chimiques					
<i>Par déplacement</i>					
Argentage sur cuivre et alliages					
- bain cyanuré	50	Soude, cyanures	Aérosol alcalin et cyanuré	B3 (19)	V3
Cuivrage sur fer (bain acide)	20	(4)	(4)	(4)	V4
Zincate sur aluminium et alliages	25 - 35	Soude, cyanures	Aérosol alcalin et cyanuré	B4 (19)	V4
Zinc-nickel sur aluminium					
- bain cyanuré	20	Soude, cyanures	Aérosol alcalin et cyanuré	B4 (19)	V4
- bain au fluoborate	25	(4)	(4)	(4)	V4
<i>Par contact</i>					
Étamage sur cuivre	80	Néant (7)	Néant	D2	V4
<i>Par réduction</i>					
Cuivrage	20	Aldéhyde formique (formol) (1)	Vapeur de formol	A3	V2
Dorage (bain cyanuré)	80 - 90	Néant (1) (7)	Néant	D1	V4
Nickelage		(1)			
- bain acide nickel-phosphore (Kanigen)	85 - 95	Sels de nickel	Aérosol acide de sels de nickel	A3	V2
- bain alcalin nickel-bore	40 - 98	Sels de nickel, composés alcalins	Aérosol alcalin de sels de nickel	A4 - A3 (2)	V4-V2
Conversions chimiques					
<i>Chromatation</i>					
Aluminium (Alodine)	20	(4) (11)	(4)	(4)	V4
Argent	20	(4)	(4)	(4)	V4
Cadmium	20	(4)	(4)	(4)	V4
Cuivre	20	Acides sulfurique et chromique	Aérosol acide et chromique	A4	V4
Étain	80	Néant (7)	Néant	D2	V4
Magnésium (mordançage)					
- bain acide	20	Acide nitrique	Oxydes d'azote	A3	V2
- bain neutre	90	Néant (7)	Néant	D1	V4
- bain basique	100	Néant (7)	Néant	D1	V4
Zinc	20	(4)	(4)	(4)	V4
<i>Passivation chromique</i>					
Irisée sur cadmium et zinc	20	(4)	(4)	(4)	V4
Verte sur zinc et kaki sur cadmium	20	(4)	(4)	(4)	V4
Noire sur zinc	20	(4)	(4)	(4)	V4
Bleue, jaune	20	(4)	(4)	(4)	V4



Type de bain	Température (°C)	Constituants dangereux du bain	Natures physique et chimique des constituants émis dans l'atmosphère en fonctionnement normal	Classe	Vitesse de captage
<i>Acier inox</i>		(1)			
- bain nitrique	20	Acide nitrique	Oxydes d'azote	A4	V4
- bain sulfochromique	30 - 60	Acides sulfurique et chromique	Aérosol acide et chromique	A4 - A3 (2)	V4-V2
<i>Oxydation</i>					
Aluminium et alliages	20	Néant	Néant	D4	0 (17)
Fer et acier (brunissage et bronzage)	120 - 130	Soude	Aérosol alcalin	C1 (12)	V2
<i>Pièces anodisées</i>					
- Imprégnation au chrome trivalent	35 - 40	Acides renfermant du Cr III	Aérosol acide et chromique	A3	V2 (18)
- colmatage	90 - 100	Eau bouillante (7)	(7)	D1	0 (17)
- coloration	20 - 40	(4)	(4)	(4)	V4
- post colmatage	15 - 30	Nitrate de lanthane	Aérosol acide	D4	V4 (18)
<i>Phosphatation</i>		(1)			
Aluminium	50	(4) (7) (11)	(4)	D3	V4
Fer, zinc	50 - 80	(4) (7) (13)	(4)	D3-D2 (2)	V4
Conversions électrolytiques					
Aluminium et alliages		(1)			
- anodisation sulfurique	20	Acide sulfurique	Aérosol acide	A4	V4
- anodisation chromique (procédé Bengough)	40	Acide chromique	Aérosol chromique	A3	V2
- anodisation oxalique (procédé Ematal)	55	Oxalates, acide oxalique	Vapeurs d'acide oxalique	B3	V3
- anodisation sulfo-borique	22 - 26	Acide sulfurique et borique	Aérosol acide	A3	V2 (18)
- anodisation sulfo-tartrique	35 - 40	Acide tartrique	Aérosol acide	A4	V4 (18)
- anodisation micro-arc	-5 - 2	Acide sulfurique	Aérosol acide	A4	V4 (18)
Magnésium					
Anodisation du magnésium	0 - 30	Composés alcalins	Aérosol alcalin	C1	V2 (18)
Titane					
Anodisation sulfurique	20	Acide sulfurique	Aérosol acide	A4	V4 (18)
Démétallisation chimique					
Métaux divers sur aluminium et plastique ABS	20	Acide nitrique	Oxydes d'azote	A2	V1
Cadmium et zinc sur acier et fonte, chrome sur fer	20	Acide chlorhydrique	Vapeurs acides	A3	V2
Cadmium sur fer et acier					
- procédé au nitrate d'ammonium	20	(4)	(4)	(4)	V4
- procédé au persulfate et ammoniac	20	Ammoniac	Gaz	A3	V2



Type de bain	Température (°C)	Constituants dangereux du bain	Natures physique et chimique des constituants émis dans l'atmosphère en fonctionnement normal	Classe	Vitesse de captage
Cadmium et étain sur acier ; laiton sur cuivre ; zinc et cadmium sur fonte	20	Acide chlorhydrique	Vapeurs acides	A2	V1
Cuivre et laiton sur fer et plomb	20 - 50	Acides sulfurique et chromique	Aérosol acide et chromique	A3 - A2 (2)	V2-V1
Cuivre et laiton sur acier	20 - 70	Composés alcalins et cyanures	Aérosol alcalin et cyanuré	B3 - B2 (2) (19)	V3-V2
Argent sur cuivre, laiton, maillechort	80	Acides sulfurique et nitrique	Oxydes d'azote et aérosol acide	A1	V1
Étain sur cuivre et laiton					
- bain acétique	20	Acide acétique	Vapeurs acides	A3	V2
- bain chlorhydrique	20 - 40	Acide chlorhydrique	Vapeurs acides	A3 - A2 (2)	V2-V1
- bain phosphorique	50 - 60	(4)(7)	(4)	D2	V4
Plomb sur acier	20	Acide acétique et eau oxygénée, sels de plomb	Aérosol acide et oxydant	A2	V1
Or et argent sur cuivre et alliages	20	Cyanures et eau oxygénée	Aérosol alcalin et cyanuré	B2 (19)	V2
Étain et zinc sur fer	100	Soude	Aérosol alcalin	C1	V2
Nickel sur magnésium	20	Acide fluorhydrique	Acide fluorhydrique gazeux	A2	V1
Démétallisation électrolytique		(1)			
Nickel sur acier (bain au nitrate)	20	Nitrate de sodium, sels de nickel	Aérosol oxydant contenant des sels de nickel	A3	V2
Cuivre, laiton sur acier (bain au nitrate)	20	Nitrate de sodium	Aérosol oxydant	C3	V4
Nickel sur cuivre, laiton et acier; étain-nickel sur fer, acier	20	Acide sulfurique	Aérosol acide	A3	V2
Nickel sur zamak, zinc et alliages	50	Acide sulfurique	Aérosol acide	A2	V1
Cuivre, laiton sur zinc et alliages	50	Acide sulfurique	Aérosol acide	A2	V1
Cadmium, argent sur acier, fer, nickel	20 - 50	Soude, composés cyanurés et sels de cadmium ou d'argent	Aérosol alcalin et cyanuré de sels de métaux	A3 - A2 (2)	V2-V1
Cuivre, laiton, or, zinc sur acier	20 - 50	Soude, composés cyanurés	Aérosol alcalin et cyanuré	B3 - B2 (2) (19)	V3-V2
Plomb sur acier	40 - 80	Soude et sels de plomb	Aérosol alcalin de sels de plomb	A2 - A1 (2)	V1
Étain sur acier et cuivre	40 - 80	Soude	Aérosol alcalin	C2 - C1 (2)	V3-V2
Chrome sur nickel, acier, alliages de cuivre	20 - 40	Soude et sels de chrome	Aérosol alcalin de sels de chrome	A3 - A2 (2)	V2-V1



Type de bain	Température (°C)	Constituants dangereux du bain	Natures physique et chimique des constituants émis dans l'atmosphère en fonctionnement normal	Classe	Vitesse de captage
Décoloration et démontage des couches anodisées sur aluminium					
<i>Décoloration sans démontage</i>					
- bain nitrique	20 - 30	Acide nitrique	Oxydes d'azote	A4 - A3 (2)	V4-V2
- bain sulfurique	30	(4)	(4)	(4)	V4
<i>Démontage</i>					
- bain alcalin	40 - 70	Soude	Aérosol alcalin	C3 - C2 (2)	V4-V3
- bain acide	90 - 100	Acides phosphorique et chromique (7)	Aérosol phosphorique et chromique	A4 (14) (15)	V4

(1) Dégagement d'hydrogène possible (risque d'explosion).

(2) L'émission la plus forte (indice le plus faible) correspond à la température d'utilisation la plus élevée.

(3) A3 pour concentrations < 50 % ; A2 concentrations > 50 %.

(4) La norme NF EN 17059 préconise le niveau de vitesse de captage V4.

(5) L'émission est fonction de la densité de courant (faible ou élevée).

(6) C3 : laiton décor basse température ; C2 : dépôt épais de laiton effectué à 50 °C.

(7) Émission de vapeur d'eau.

(8) L'étamage peut également être effectué à très haute densité de courant dans le cadre de la fabrication de demi-produits.

(9) A3 : bains à forte activité (carrousels, traitements de feuillards en continu).

(10) En cas de procédé mis en œuvre à de fortes densités de courant, un dégagement d'acide fluorhydrique est possible et peut justifier une reclassification.

(11) Possibilité de faibles émissions de vapeurs fluorhydriques.

(12) Un autre risque provient des projections éventuelles.

(13) Possibilité de dégagement de vapeurs nitreuses.

(14) Sans attaque de l'aluminium.

(15) En l'absence de données sur le niveau d'émission du bain, le niveau global de risque n'est pas considéré comme négligeable.

(16) Depuis la parution de la norme NF EN 17059:2018, la valeur limite d'exposition professionnelle du CrIII inorganique soluble a été abaissée (cf annexe I). En conséquence, la classe du bain a été modifiée.

(17) Ce bain pourra être équipé de dispositifs d'aspiration notamment pour capter les émissions de vapeur d'eau.

(18) Ces bains ne sont pas listés dans la norme NF EN 17059:2018.

(19) Depuis la parution de la norme NF EN 17059:2018, les valeurs limites d'exposition professionnelle du cyanure de potassium et du cyanure de sodium ont été abaissées (cf. annexe I). En conséquence, la classe du bain a été modifiée.

Annexe 3. Exemples de détermination des indices d'émission (IE) et de toxicité (IT)

Bains (n°)	Fonction	Métal traité	Constituants du bain	Température du bain (°C)	
1	Dégraissage chimique	Aluminium	Triphosphate de pentasodium (a) Borates (b) Nitrate de sodium (c) Éther monobutylique de diéthylène glycol (d)	60	
2	Dégraissage chimique	Aluminium	Monoéthanolamine (a) Xylènesulfonate de sodium (b)	55	
3	Dégraissage chimique	Inox	Acide phosphorique (a)	20	
4	Bain tampon de rinçage		Acide borique – borates (a)	20	
5	Décapage	Titane	Acide nitrique (a) Acide fluorhydrique (b)	40	
6	Décapage	Aluminium	Acide sulfurique (a) Acide fluorhydrique (b) Acide fluosilicique (c)	45	
7	Décapage	Aluminium	Acide sulfurique (a) Acide nitrique (b)	50	
8	Conversion chimique, chromatisation au chrome III	Aluminium	Hydroxysulfate de chrome (III) (a) Hexafluorozirconate de sodium (b) Tétrafluoborate de potassium (c)	30	
9	Conversion chimique, chromatisation au chrome III	Aluminium	Disulfate de chrome (III) et de potassium (a) Hexafluorozirconate de potassium (b)	40	
10	Colmatage		Bichromate de potassium (CrVI) < 1 % (a) Soude < 1 % (b)	90 - 100	

	Indice de toxicité (IT)	Indice d'émission (IE)
	VLEP-8h (a) = sans VLEP-8h (b) = 2 mg.m ⁻³ VLEP-8h (c) = sans VLEP-8h (d) = 67,5 mg.m ⁻³ d'où IT = C (choix de la plus basse des VLEP)	Comparaison avec le bain « dégraissage chimique /aluminium/aérosol alcalin » ayant IE = 3 à 40 °C et IE = 2 à 80 °C. IE = 2 en raison des conditions du bain (concentration, agitation...)
	VLEP-8h (a) = 2,5 mg.m ⁻³ VLEP-8h (b) = sans d'où IT = C	Comparaison avec le bain « dégraissage chimique /aluminium/ aérosol alcalin » ayant IE = 3 à 40 °C et IE = 2 à 80 °C. IE = 3 car 55 °C est plus proche de 40 °C que de 80 °C
	VLEP-8h (a) = 1 mg.m ⁻³ d'où IT = B	Bain non chauffé et non agité d'où IE = 4
	VLEP-8h (a) = 2 mg.m ⁻³ d'où IT = C	IE = 4 car le bain est à température ambiante, la concentration est faible et absence de dégagement gazeux.
	VLCT (a) = 1 ppm (correspondant à VLEP-8h = 0,2 ppm) VLEP-8h (b) = 1,8 ppm d'où IT = A	L'analogie avec le bain de « décapage de l'aluminium/ nitrique fluorhydrique » (IE = 2 à 20 °C) est possible car Al et Ti sont assez voisins du point de vue chimique. IE = 1 car la température est de 40 °C
	VLEP-8h (a) = 1 mg.m ⁻³ VLEP-8h (b) = 1,8 ppm VLEP-8h (c) = sans d'où IT = A	Comparaison avec le bain « décapage de l'aluminium / sulfochromique » ayant IE = 4 à 20 °C et IE = 2 à 70 °C. IE = 3 car la température de 45 °C est intermédiaire
	VLEP-8h (a) = 1 mg.m ⁻³ VLEP-8h (b) = 1 ppm (correspondant à VLEP-8h = 0,2 ppm) d'où IT = A	Comparaison avec le bain « décapage de l'aluminium/nitrique fluorhydrique » ayant IE = 2 à 20 °C. IE = 1 car la température est de 50 °C
	VLEP-8h (a) = 0,003 mg.m ⁻³ VLEP-8h (b) = 5 mg.m ⁻³ VLEP-8h (c) = 2 d'où IT = A	Comparaison avec le bain « conversion chimique / chromatation / aluminium (Alodine) » ayant IE = 4 à 20 °C. IE = 4
	VLEP-8h (a) = 0,003 mg.m ⁻³ VLEP-8h (b) = 5 mg.m ⁻³ d'où IT = A	Comparaison avec le bain « conversion chimique / chromatation / aluminium (Alodine) » ayant IE = 4 à 20 °C. IE = 3 car la température est de 40 °C
	VLEP-8h (a) = 0,001 mg.m ⁻³ VLEP-8h (b) = 2 mg.m ⁻³ d'où IT = A	Comparaison avec le bain « conversion chimique / pièces anodisées / colmatage » ayant IE = 1 à 90 - 100 °C. IE = 1

Annexe 4. Questions fréquemment posées concernant la ventilation des cuves de traitement de surface

Aéraulique

1. Quand une cuve dispose d'un couvercle qui n'est pas toujours fermé, à partir de quel « pourcentage de fermeture » ou seuil peut-on considérer que le débit d'aspiration est celui calculé avec le couvercle ?

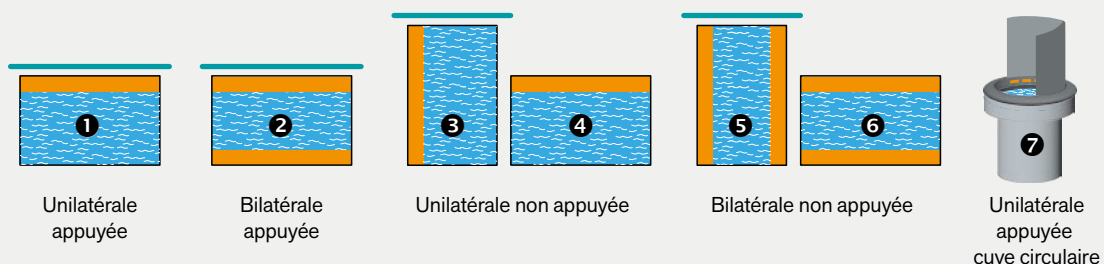
La notion de « pourcentage de fermeture » n'est pas admise. Lorsque le couvercle est en position fermée, la formule de calcul du débit des aspirations sous couvercle présentée au § 3.1.2 « Calcul du débit pour les dispositifs associés à des couvercles » du guide s'applique. Dès que le couvercle n'est plus en position fermée, la valeur recommandée en l'absence de couvercle dans le § 3.3.2 « Calcul du débit pour les cuves ouvertes » doit s'appliquer. Il est recommandé qu'un asservissement provoque une augmentation de débit dès l'ouverture du couvercle.

2. Dans le cas d'une cuve ouverte équipée d'un dispositif d'aspiration unilatérale, à partir de quelle hauteur de dossierer peut-on considérer la cuve comme appuyée sur une paroi ?

La notion de dossierer est précisée au § 3.3.1 « Description des dispositifs d'aspiration sur cuve ouverte ». Dans le cas d'une aspiration unilatérale, la hauteur du dossierer doit être supérieure ou égale à la largeur de la cuve pour que cette cuve soit considérée comme appuyée sur une paroi.

3. Quelle est la dénomination des cuves présentées ci-dessous ?

Les traits orange représentent des fentes aspirantes et les traits verts des murs.

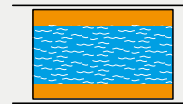


4. Dans le cas d'une cuve ouverte équipée d'un dispositif d'aspiration bilatérale et munie d'un seul dossierer situé sur une des longueurs de la cuve, peut-on considérer cette cuve comme appuyée sur une paroi ?

Ce cas correspond au cas n° 2 décrit dans la question n° 3.

La cuve pourra effectivement être considérée comme « appuyée sur une paroi » si la hauteur du dossierer est supérieure ou égale à la moitié de la largeur de la cuve. Le calcul du débit pour une telle cuve est explicité au § 3.3.2 « Calcul du débit pour les cuves ouvertes ».

5. Dans le cas d'une cuve ouverte équipée d'un dispositif d'aspiration bilatérale et munie de deux dossierers situés sur les deux longueurs de la cuve, peut-on considérer cette cuve comme appuyée sur une paroi ?



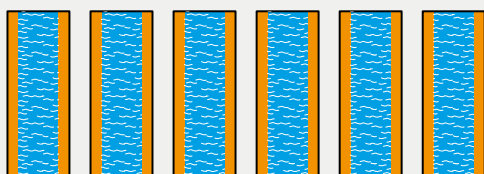
La cuve pourra *a fortiori* être considérée comme « appuyée sur une paroi » si la hauteur de chacun des dossierers est supérieure ou égale à la moitié de la largeur de la cuve. Le calcul du débit pour une telle cuve est celui qui est explicité au § 3.3.2 « Calcul du débit pour les cuves ouvertes » utilisé pour le calcul du cas précédemment évoqué à la question n° 4 (un seul dossierer) ; le calcul du débit d'extraction ainsi calculé sera probablement surdimensionné.

6. Une cuve ouverte équipée d'un dispositif d'aspiration unilatérale sur sa longueur et munie d'un écran situé sur une de ses largeurs, peut-elle être considérée comme « appuyée sur une paroi » ?

Le cas évoqué dans cette question correspond à la cuve n° 3 schématisée dans la question 3 et est considéré comme « non appuyée sur une paroi ». Toutefois, ce cas est plus favorable du point de vue aérodynamique que le cas de la cuve non appuyée. Le mur, le dosseret, l'écran, le dispositif d'aspiration doivent être situés sur la longueur de la cuve pour que celle-ci soit considérée comme « appuyée sur une paroi ».

7. Si une cuve, munie d'un dispositif d'aspiration bilatérale, est accolée à d'autres cuves munies également d'un dispositif d'aspiration bilatérale, peut-elle être considérée comme « appuyée sur une paroi » ?

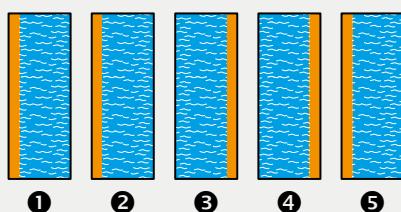
Ce cas est illustré par la figure suivante :



Toutes les cuves de la rangée doivent être considérées comme appuyées sur une paroi, y compris celles des extrémités.

8. Si une cuve, munie d'un dispositif d'aspiration unilatérale sur sa longueur, est accolée à d'autres cuves munies également d'un dispositif d'aspiration unilatérale sur leurs longueurs, peut-elle être considérée comme « appuyée sur une paroi » ?

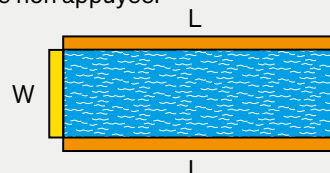
Cette cuve sera considérée comme « appuyée sur une paroi » si son côté aspirant est accolé au côté aspirant de sa cuve voisine.



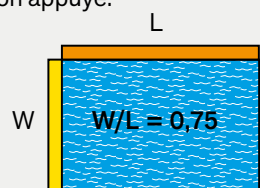
Ainsi, les cuves n° 4 et 5 sont considérées comme « appuyée sur une paroi » alors que les cuves n° 1, 2 et 3 sont considérées comme « non appuyée sur une paroi ».

9. Quels sont les débits surfaciques à mettre en œuvre pour des aspirations trilatérales (cuve non appuyée sur une paroi) ?

- Pour les bains dont les deux longueurs L sont ventilées, l'ajout d'une aspiration sur une des largeurs W représentée en jaune a un impact faible sur l'efficacité du captage et le calcul du débit sera effectué en appliquant la formule du dispositif d'aspiration bilatérale non appuyée.



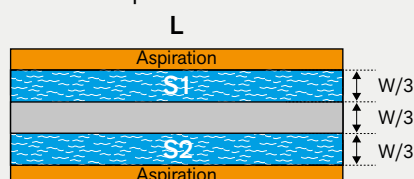
- Pour les bains dont une des deux longueurs L est ventilée, l'ajout d'aspirations sur les deux largeurs W a un impact faible pour les cuves de rapport $W/L < 0,5$ et ne sera pas considéré (appliquer la formule du dispositif d'aspiration unilatérale non appuyé) ; en revanche pour les cuves de rapport $W/L \geq 0,5$ la configuration se rapproche d'une configuration bilatérale et le calcul du débit sera effectué en appliquant la formule du dispositif d'aspiration bilatérale non appuyé.



10. Quels sont les débits à mettre en œuvre pour des aspirations bilatérales pour une cuve ouverte partiellement recouverte non appuyée contre un mur ?

Cet exemple illustre le cas d'une cuve ouverte où l'on souhaite fermer une partie de la surface libre dans la mesure où le traitement des pièces introduites laisse une marge libre non indispensable pour leur manutention.

Le bain mis en œuvre est un bain de chromage « dépôts électrolytiques acides, chromage dur, décor noir », à 42 °C ; la largeur W de la cuve est égale à 1,1 m et la longueur L est égale à 4 m. La partie centrale, représentant 1/3 de la surface libre est recouverte comme indiqué sur le schéma suivant :



La formule utilisée est la formule (3) dédiée aux cuves ouvertes à aspiration unilatérale appliquée à chacune des surfaces libres S1 et S2 :

$$(3) Q = L W a \left(\frac{W}{nL} \right)^b V \times 3\,600$$

Pour le calcul, la valeur de W est prise égale au 1/3 de la largeur de la cuve, soit 1,1/3

Pour le calcul de Q1 et de Q2 :

L = 4 m, W = 1,1/3 m ;

a = 2,3 ; n = 1 ; b = 0,15 ;

V = 0,75 m³.s⁻¹.m⁻²

Q1 = Q2 = 6 364 m³.h⁻¹

Le débit total est de 12 729 m³.h⁻¹

Remarque

Le débit requis sans le capotage central aurait été de 20 290 m³.h⁻¹

11. Comment détermine-t-on le franc-bord d'une cuve ?

Voir le § 3.3.2 « Niveau de liquide ». La notion de franc-bord ne concerne que les cuves ouvertes.

12. Quelles mesures aérauliques doit-on réaliser lors de la réception d'une installation de traitement de surface ?

La réalisation des mesures de débit sur les installations de traitement de surface est une opération qui nécessite une bonne expertise en métrologie des débits d'air. Il faut tout d'abord scinder la problématique en deux :

- la réception initiale de l'installation (valeurs de référence) ;
- le suivi périodique de l'installation (grandeurs significatives).

La réception initiale consiste à vérifier que les débits d'air sont ceux attendus pour chaque cuve (valeurs de référence). La mesure est réalisée en combinant diverses techniques de mesure (champs de vitesse en conduit par Pitot, champs de vitesses à l'anémomètre thermique ou hélice dans les ouvertures...). Si les débits d'air sont satisfaisants par rapport au cahier des charges de l'installation, des paramètres secondaires (grandeurs significatives) facilement mesurables (pressions statiques) seront relevés en différents points du réseau ; ils seront utilisés pour le suivi de

l'installation et permettront de déceler une éventuelle dérive [18].

La réception nécessite d'estimer les débits extraits pour chaque cuve. La conception du réseau doit permettre d'effectuer facilement et en sécurité ces relevés initiaux ainsi que les relevés périodiques.

Mesures en conduit :

Les installations de traitement de surface ont des réseaux de ventilation dont les caractéristiques ne sont généralement pas favorables à la mesure unitaire des débits d'air : les nombreuses singularités (coudes, registres) créent des écoulements perturbés dans les courtes portions de longueur droite reliant les aspirations des cuves au collecteur. Les champs de vitesse sont alors erratiques et la détermination de la vitesse moyenne dans le conduit est assortie d'une incertitude élevée.

Par ailleurs, les conduits sont parfois difficiles d'accès car situés à l'arrière des cuves (coincés entre mur et cuve) et ne sont réellement accessibles qu'avant remplissage des cuves.

Mesures directes à l'aspiration :

Quand les mesures en conduits ne sont pas possibles, seules peuvent être effectuées les mesures aux bouches d'aspiration ou aux fentes d'aspiration (le débit s'obtient en multipliant la surface des ouvertures par la vitesse moyenne). Cette mesure présente un niveau élevé d'incertitude. Elle nécessite l'utilisation d'un anémomètre thermique ou à hélice. Ces matériels peuvent mal tolérer les produits chimiques dégagés par les cuves. Là aussi, il est préférable de réaliser la mesure avant remplissage des cuves. Pour cette mesure à l'aspiration, l'utilisation d'un balomètre ou d'un cône de mesure est très rarement possible en raison de la forme des fentes d'aspiration.

En pratique, des mesures en conduit sont réalisées là où elles sont possibles puis complétées par des mesures directes à l'aspiration. Il faut a minima déterminer le débit global avant de consolider ensuite les mesures individuelles (les installations présentent en général une portion de conduit droit sur les collecteurs principaux).

La référence [19] permet d'estimer les incertitudes de mesure en conduit ; l'incertitude sur la mesure directe à l'aspiration est quant à elle difficile à estimer en raison des nombreux facteurs impliqués.

13. Existe-t-il une liste de fournisseurs d'équipements de captage des émissions des bains de traitement de surface ?

L'INRS ne dispose pas d'une telle liste. Il est conseillé d'interroger à ce sujet le service Prévention des risques professionnels des Carsat ou celui de la Cramif (pour la région île-de-France).

14. Doit-on appliquer obligatoirement la norme NF EN 17059 ?

La norme NF EN 17059 relative aux lignes de traitement de surface, publiée en juin 2018, n'a pas de caractère obligatoire. Nous conseillons néanmoins de suivre ses préconisations. Par ailleurs, le présent guide prend largement en compte cette norme.

Risque chimique

15. Existe-t-il une formule permettant de calculer l'indice d'émission pour un bain donné ?

Il n'existe pas de formule permettant de calculer l'indice d'émission en fonction des facteurs (concentration, température, agitation...) dont il dépend.

L'annexe 2 de ce guide reprend les principaux procédés utilisés en traitements de surface et précise pour chacun d'eux un indice d'émission ; cette annexe 2 peut également servir de référence à l'évaluation de l'indice d'émission lorsque le bain s'écarte des conditions « standard » (voir § 1.2 « Indice d'émission »). L'annexe 3 de ce guide donne des exemples de détermination de l'indice d'émission.

16. Comment déterminer l'indice de toxicité d'un bain dont un constituant n'est pas listé à l'annexe 1 de ce guide ?

La recherche de valeurs limites d'exposition professionnelle pour ce constituant peut être complétée par la consultation des listes de valeurs limites d'exposition professionnelle suivantes :

- la liste des valeurs limites d'exposition professionnelle françaises [5] ;
- la liste des valeurs limites d'exposition professionnelle américaines [6] ;
- la liste des valeurs limites d'exposition professionnelle internationales consultable sur le site <https://limitvalue.ifa.dguv.de/>.

S'il n'existe aucune VLEP pour un constituant, il n'est pas pris en compte pour la détermination de l'indice de toxicité.

17. Un bain de rinçage doit-il être ventilé ? Quelle vitesse de captage doit-on lui associer ?

Voir § 1.3. encadré « Rinçage mort et rinçage courant ou recyclé ».

Le bain de rinçage mort doit être ventilé avec un niveau de vitesse déterminé à l'aide de son indice de toxicité considéré comme identique à celui du bain de traitement le précédant et à l'aide de son indice d'émission évalué selon les règles énoncées au § 1.2.

Dans un rinçage en cascade, le dernier bain de rinçage, le plus propre, n'est pas ventilé. Pour les rinçages intermédiaires, les vitesses de captage sont déterminées au cas par cas.

18. Pour un bain de dégraissage constitué de solvants organiques, quelles sont les vitesses de captage à mettre en œuvre ?

Les procédés de dégraissage en phase organique (à l'aide de solvants organiques) sont exclus du champ d'application de ce guide.

Pour plus d'information sur les mesures de prévention à mettre en place pour les procédés de dégraissage en phase organique, les documents INRS suivants sont consultables sur le site www.inrs.fr :

- la fiche pratique ED 142 « Dégraissage - Choix des techniques et des produits » ;
- la brochure ED 6248 « Procédés de dégraissage et de lavage dans l'industrie ».

Les services prévention des risques professionnels des Carsat et Cramif peuvent conseiller les entreprises dans le choix des équipements de protection collective à mettre en place (par exemple pour le choix du dispositif d'aspiration, des débits d'extraction...).

19. Quelles sont les mesures de prévention à mettre en œuvre lors des opérations de chromatisation à base de chrome VI ?

Les composés du chrome VI étant classés cancérogènes, leur utilisation impose le respect de la réglementation relative à la protection des travailleurs exposés à des agents cancérogènes. La

première mesure de prévention consiste à substituer le composé cancérigène. L'offre de produits sans chrome VI est de plus en plus diversifiée. Les différents fournisseurs de produits de traitements de surfaces pourront proposer des solutions adaptées à chaque application.

Les mesures de prévention à mettre en œuvre sont indiquées dans la brochure ED 827 « Ateliers de traitement de surface, Prévention des risques chimiques » [13].

20. Existe-t-il encore un risque lors de la manipulation des pièces métalliques revêtues d'une couche de chromatisation ?

Après chromatisation des pièces puis séchage, les couches formées en surface des pièces contiennent toujours une proportion de chrome VI.

Le chrome VI est sensibilisant et le contact cutané peut provoquer des dermatites eczématiformes, se manifestant par des éruptions principalement localisées aux mains et aux poignets. Il est donc conseillé de porter des gants lors de la manipulation des pièces traitées et sèches.

21. Existe-t-il des produits de substitution sans chrome hexavalent pour la passivation chromique ?

Venant en complément des bains de conversion chimique, la passivation a pour rôle de renforcer les propriétés anticorrosion ainsi que l'adhérence de la peinture. Historiquement, les passivations étaient à base de chrome hexavalent. Il existe maintenant plusieurs familles de produits de substitution aux passivations chromiques : les passivations organiques à base de résines, les passivations à base de silanes et les passivations à base de fluorures de zirconium parfois additionnées de cuivre.

Pour plus de renseignements sur les passivations non chromiques, leur composition, leur fonctionnement, contacter les fabricants de produits de traitement de surface.

22. Certains bains de traitement de surface renferment des composés métalliques de nickel, cadmium, cobalt et de chrome VI. Quelles sont les principales exigences réglementaires préconisées pour la protection des travailleurs lors de la mise en œuvre de ces bains ?

Parmi les composés métalliques cités ci-dessus, seuls les composés du chrome VI font l'objet d'interdiction d'utilisation au sens de la réglementation Reach. Leurs utilisations nécessitent des autorisations accordées par les autorités compétentes aux différentes entreprises de traitement de surface selon les usages qu'ils revendiquent pour ces composés du chrome VI. Par exemple, des autorisations ont été accordées pour le trioxyde de chrome, les chromates et dichromates de sodium et de potassium mis en œuvre pour les traitements suivants : chromage décoratif, chromage dur (notamment pour l'industrie aéronautique et les applications militaires). Des informations complémentaires sont disponibles sur le site du Helpdesk Reach.

Concernant les composés métalliques du nickel, du cadmium et du cobalt, leurs utilisations en traitement de surface ne font l'objet d'aucune interdiction ou de restriction d'emploi.

Les composés métalliques suivants - sulfate de nickel, carbonate de nickel, dichlorure de nickel, dinitrate de nickel, fluorure de cadmium, chlorure de cadmium, dichlorure de cobalt, sulfate de cobalt, nitrate de cobalt, carbonate de cobalt, trioxyde de chrome, chromates de sodium et de potassium, et dichromates de sodium et de potassium - sont tous classés CMR 1A ou 1B (cancérigène ou mutagène ou toxique pour la reproduction de catégories 1A ou 1B). Leur présence dans les produits et les bains de traitement de surface peut, selon leur concentration, entraîner les classifications CMR 1A ou 1B. Les mesures du Code du travail, relatives à la prévention des risques chimiques lors des activités susceptibles d'exposer les travailleurs à des agents CMR ou à des agents chimiques dangereux s'appliquent. Des informations complémentaires sont disponibles sur le site de l'INRS dans le dossier « agents chimiques CMR ».

23. Quels débits d'extraction doit-on mettre en œuvre pour ventiler des cuves de dépôts électrolytiques acides renfermant de l'auricyanure de potassium ($\text{KAu}(\text{CN})_4$) ou de l'aurocyanure de potassium ($\text{KAu}(\text{CN})_2$) utilisées pour réaliser des opérations de dorage à 35 °C - 40 °C ? Quels marquages doit-on apposer sur les cuves et canalisations renfermant ou véhiculant ces bains ?

Pour obtenir une atmosphère salubre au poste de travail où sont installées ces cuves de dorage électrolytique, l'annexe 2 de ce guide préconise le niveau de vitesses de captage V4.

Concernant le marquage des cuves et canalisations, un système d'affichage a été défini dans la brochure INRS Ateliers de traitement de surface – Guide d'identification des cuves, canalisations et équipements, ED 794 [9].

D'après ce guide, les bains d'aurocyanures et d'auricyanures acides sont inclus dans le groupe « cyanures » associé à la couleur verte. Ce classement s'applique en l'absence de bains de cyanures alcalins dans l'atelier. En effet, les bains de cyanures acides ne doivent pas être mélangés avec les bains de cyanures alcalins car si le pH des bains alcalins contenant des cyanures libres descend en dessous de 9,3 alors du cyanure d'hydrogène HCN peut se former.

Les aurocyanures sont stables jusqu'à pH 3. Ils ne doivent pas être mélangés aux acides pour éviter la formation de cyanure d'hydrogène à pH inférieur à 3.

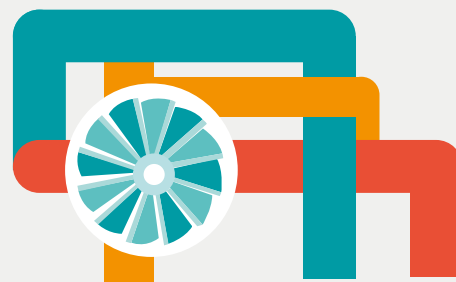
Les auricyanures sont stables à pH encore plus acide que les aurocyanures. Il faut néanmoins éviter de les mélanger à des acides très concentrés.

Il est conseillé d'avoir une **cuve de rétention spécifique** pour les bains d'aurocyanures acides ou pour les bains d'auricyanures acides, indépendante de toutes les autres rétentions.

Il est également conseillé d'apposer un marquage spécifique « cyanures acides » qui ne soit pas rattaché aux groupes de compatibilité cyanures, acides ou bases. L'objectif est avant tout d'éviter le mélange intempestif de produits incompatibles, il doit être adapté au cas par cas.

Le réseau de ventilation devrait également être indépendant. Cela permet d'envoyer de manière contrôlée les effluents vers une éventuelle station de récupération de l'or ou vers la station de détoxification des cyanures.

Bibliographie



- [1] ANSI Z.9.1.1991 – Open surface tanks. Practices for ventilation and operation. New York, American National Standards Institute, 1991.
- [2] Industrial Ventilation – A Manual of Recommended Practice for Design. ACGIH, 29th Edition.
- [3] Régnier R., Dessagne J.M., Bonthoux F., Aubertin G. – Cuves de traitement de surface. Performance de captage de fentes d'aspiration. *Cahiers de Notes Documentaires - Hygiène et Sécurité du Travail*, 1996, 165, ND 2030.
- [4] Braconnier R., Régnier R., Bonthoux F. – Efficacité d'une fente d'aspiration sur une cuve de traitement de surface. *Cahiers de Notes Documentaires - Hygiène et Sécurité du Travail*, 1991, 144, ND 1841.
- [5] Liste des VLEP françaises - Valeurs limites d'exposition professionnelle établies pour les substances chimiques, INRS, outil 65.
- [6] Guide to Occupational Exposure Values. ACGIH, 2023.
- [7] Aération et assainissement. Aide-Mémoire juridique, INRS, TJ 5.
- [8] Principes généraux de ventilation. Guide pratique de ventilation, INRS, ED 695.
- [9] Ateliers de traitement de surface – Guide d'identification des cuves, canalisations et équipements. INRS, ED 794.
- [10] Rapp R. – Récupération d'énergie : évaluation d'un échangeur à plaques. Note technique - Hygiène et Sécurité du Travail, 2014, 235.
- [11] Instruction technique relative aux règles d'aménagement et l'exploitation des ateliers de traitement de surface annexée à l'arrêté du 26 septembre 1985 modifié.
- [12] Ateliers de traitement de surface. Concevoir en sécurité intégrée. Création, extension, modification. INRS, ED 848.
- [13] Ateliers de traitement de surface. Prévention des risques chimiques. Santé et sécurité des personnes. INRS, ED 827.
- [14] Usines de dépollution des eaux résiduaires et ouvrages d'assainissement. Coll. Guide pratique de ventilation, INRS, ED 820.
- [15] Sorbonnes de laboratoires. Coll. Guide pratique de ventilation, INRS, ED 795.
- [16] Stockage et transfert des produits chimiques dangereux. INRS, ED 753.
- [17] Le dossier d'installation de ventilation. Coll. Guide pratique de ventilation, INRS, ED 6008.
- [18] Réceptionner et contrôler une installation de ventilation. Réseaux de captages localisés. INRS, ED 6366.
- [19] Bonthoux F., Fontaine J.R. – Mesure des débits d'air en conduit. Incertitude liée au nombre et à la position des points de mesures. PR 49 – Hygiène et Sécurité du Travail, 2012, 227.

Norme

- [20] NF EN 17059:2018 – Lignes de traitement de surface et d'anodisation. Prescription de sécurité. Afnor.

Toutes les publications de l'INRS sont téléchargeables sur www.inrs.fr

Pour commander les publications de l'INRS au format papier

Les entreprises du régime général de la Sécurité sociale peuvent se procurer les publications de l'INRS à titre gratuit auprès des services prévention des Carsat/Cramif/CGSS.

Retrouvez leurs coordonnées sur www.inrs.fr/reseau-am

L'INRS propose un service de commande en ligne pour les publications et affiches, payant au-delà de deux documents par commande.

Les entreprises hors régime général de la Sécurité sociale peuvent acheter directement les publications auprès de l'INRS en s'adressant au service diffusion par mail à service.diffusion@inrs.fr

La démarche de conception des installations de ventilation des cuves de traitement de surface comprend trois étapes :

1. L'évaluation du risque : identifications précises du type de bain utilisé et du procédé de traitement de surface mis en œuvre (décapage, dépôt métallique, anodisation, conversion...).
2. La détermination du dispositif de captage et les calculs des débits d'aspiration selon le type de dispositif choisi. Insistant au préalable sur la priorité à accorder aux dispositifs à couvercles, ce guide pratique présente les dispositifs existants, les critères de choix, les facteurs d'influence prépondérants et le mode de calcul des débits d'aspiration illustré par des exemples.
3. La réalisation de l'installation de ventilation : elle tient compte du transport des effluents gazeux, du traitement des rejets gazeux et des besoins en compensation mécanique de l'air extrait.

Des exemples de réalisations d'installations industrielles existantes illustrent cette démarche.

Enfin en annexes, ce guide indique :

- les valeurs limites d'exposition professionnelle aux substances chimiques les plus couramment rencontrées ;
- la liste des principaux bains utilisés dans l'industrie du traitement de surface ;
- des exemples de détermination des indices de toxicité (IT) et d'émission (IE) de bains de traitement de surface ;
- une liste des questions fréquemment posées concernant la ventilation des bains de traitement de surface.



Institut national de recherche et de sécurité
pour la prévention des accidents du travail
et des maladies professionnelles
65, boulevard Richard-Lenoir 75011 Paris
Tél. 01 40 44 30 00 • info@inrs.fr

Édition INRS ED 6523

1^{re} édition | janvier 2024 | 1 000 ex. | ISBN 978-2-7389-2879-5

L'INRS est financé par la Sécurité sociale
Assurance maladie / Risques professionnels

www.inrs.fr   

