

→ Document réalisé par un groupe de travail (cf. encadré en bas de page)

# Cuves de traitement de surface

## SURFACE TREATMENT TANKS

In this new version, the design approach comprises four phases:

- 1) Risk assessment
- 2) Selection of exhaust device
- 3) Extraction rate computing for each type of device
- 4) Ventilation network design

Concrete examples of ventilation systems installed are displayed.

Appended are:

- exposure limit values for the most frequently encountered chemical substances;
- risk categories corresponding to the main processes used in surface treatment.

● surface treatment tank ● risk assessment ● ventilation network

**D**ans cette nouvelle version, la démarche de conception comprend quatre étapes : 1) L'évaluation du risque (indice de toxicité et indice d'émission combinés conduisent à la définition des niveaux globaux de risque).

2) La détermination du dispositif de captage. Insistant au préalable sur la priorité à accorder aux dispositifs à couvercles, ce chapitre propose un catalogue des dispositifs existants (couvercle; captage enveloppant; aspiration latérale; aspiration-soufflage; hotte), les critères guidant leur choix et, le cas échéant, les facteurs d'influence prépondérants.

3) Les calculs des débits d'aspiration selon le type de dispositif, avec comparaison des débits sur un cas particulier et des exemples de calcul de débit.

4) La réalisation du réseau de ventilation tient compte du transport des effluents gazeux, du traitement des rejets gazeux, des règles de ventilation générale et des contraintes dues à la compensation d'air.

• Des exemples de réalisations de diverses installations illustrent cette démarche.

• En annexe :

- les valeurs limites d'expositions aux substances chimiques les plus couramment rencontrées, pour les émissions en marche normale et celles résultant d'une réaction intempestive;
- la classe de risque correspondant aux principaux procédés utilisés en traitement de surface.

● cuves de traitement de surface ● évaluation du risque ● réseau de ventilation

**Le groupe de travail** a été constitué sous l'égide de la Caisse nationale de l'assurance maladie des travailleurs salariés (CNAM-TS). Il comprend des spécialistes en ventilation et nuisances chimiques de la CNAM, des Caisses régionales d'assurance maladie (CRAM) et de l'Institut National de Recherche et de Sécurité (INRS).

**Les organismes consultés** : le Syndicat national des entreprises d'applications de revêtements et traitements de surface (SATS), le Syndicat national des fabricants installateurs de matériel pour le revêtement et traitement de surface (SITS) et le Centre technique des industries mécaniques (CETIM).

**Le public visé** : Les personnes et organisations concernées par la conception et le contrôle des installations de captage ou de dilution des polluants émis par les bains de traitement de surface

**L'objectif** : Contribuer au maintien de la salubrité des locaux de par une démarche de conception pour l'assainissement des ateliers, qui s'applique en cas de création, d'extension ou de rénovation de lignes de cuves, qui doit être menée bain par bain.

**Le champ de l'étude** : Seuls les points essentiels relatifs à la conception des installations de ventilation ont été traités. Tandis que 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 sources de référence** :

- Les valeurs limites pour les concentrations des substances dangereuses dans l'air des locaux de travail au niveau des voies respiratoires, que celles-ci soient issues de la réglementation, de recommandations ou de règles de l'art en la matière.
- La norme ANSI [1], adaptée aux spécificités

de l'industrie française (modifications apportées pour développer l'utilisation de couvercles et de dispositifs enveloppants).

- Les résultats des études de l'INRS sur l'efficacité des fentes d'aspiration [2, 3].

**La mise à jour** : les critères 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.

Ce guide sera examiné régulièrement, et au besoin modifié. Le groupe de travail remercie toute personne ou organisme ayant des avis ou critiques à formuler sur ce document de bien vouloir les lui faire connaître (commentaires à adresser à l'INRS, en faisant référence au groupe de travail ventilation n° 2).

Les données faisant l'objet du présent guide de ventilation ont pour but la réalisation d'installations permettant d'assurer la protection des opérateurs contre 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 visent :

- à réduire le risque d'altération de la santé du personnel exposé,
- à assurer des conditions acceptables de salubrité et de confort de l'atmosphère des locaux. Elles s'appliquent à tous les procédés chimiques ou électrolytiques opérant par immer-

sion de pièces dans des liquides, incluant notamment, sans que cette liste soit limitative, les opérations de dégraissage, décapage, dérochage, polissage, lavage, dépôt métallique, anodisation, coloration, passivation, conversion, démétallisation.

Sont exclus du champ d'application du présent

guide les procédés de dégraissage par solvants, les procédés utilisant des bains de sels ou de métaux fondus et les procédés de revêtements organiques en général.

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

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

A efficacité égale, ce type de ventilation requiert des débits d'air inférieurs à ceux nécessités par d'autre type de ventilation.

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,
- les hottes.

#### 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 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) ou lorsque les polluants sont très peu toxiques ou émis à un faible débit.

Une ventilation générale complémentaire à l'aspiration locale est souvent 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 gradients de concentration 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
- une ventilation générale assurant un apport d'air neuf de compensation avec réchauffage, si nécessaire, et permettant une dilution de la pollution résiduelle
- des dispositifs d'épuration

## LA DÉMARCHÉ DE CONCEPTION

### → Evaluation du risque

L'association de deux indices conduit à la détermination d'un niveau global de risque

### → Choix du dispositif de captage des polluants atmosphériques

Le meilleur dispositif sera celui qui, à efficacité égale, demandera le plus faible débit parmi ceux qu'autorise le procédé. Cette priorité est garantie d'efficacité, puisqu'elle entraîne le moindre coût d'exploitation.

### → Calcul du débit de chaque dispositif

Le calcul nécessite la connaissance des caractéristiques utiles des baigns, des cuves et du procédé.

### → Conception du réseau de ventilation

La connaissance des débits de l'ensemble des cuves permet de concevoir le réseau de ventilation.

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

#### Exemples

L'anhydride chromique émis sous forme d'aérosol a une valeur limite de 0,05 mg.m<sup>-3</sup>. C'est un toxique d'indice A.

Les cyanures ne peuvent être normalement émis que sous forme d'aérosols. La valeur limite (exprimée en CN) est de 5 mg.m<sup>-3</sup>. Ce sont des toxiques d'indice C. Par contre, s'il y a émission d'acide cyanhydrique gazeux, on doit utiliser l'indice A (valeur limite 10 ppm).

L'ammoniac gazeux est un toxique d'indice B (valeur limite 25 ppm) de même que les acides sulfurique et phosphorique (toujours émis sous forme d'aérosols) dont la valeur limite est de 1 mg.m<sup>-3</sup>.

## Indice d'émission

La quantité de polluant émise dépend de nombreux facteurs :

- la concentration des baigns,
- leur température,
- les températures d'ébullition des composés volatils,
- l'agitation, le dégagement gazeux pour les procédés électrolytiques et chimiques.

Les mousses et les flotteurs peuvent avoir une influence sur l'émission. Du fait des difficultés à assurer la permanence de leur présence, ils ne seront pas pris en compte.

#### Le référentiel

Il existe des conditions « standard » de mise en œuvre que l'on peut considérer comme représentatives de la majorité des installations. Ce sont ces conditions qui ont été prises comme référence pour la détermination de l'indice. Lorsque l'on s'écarte des conditions « standard », il y a lieu de réévaluer le risque et de corriger l'indice d'émission en conséquence.

■ ■ 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 ;
- la concentration élevée de la solution ;
- la présence de produit volatil ;
- un dégagement gazeux important consécutif à une attaque chimique ou à un faible rendement électrique.

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

## 1. Évaluation du risque

Les différents risques sont associés :

- aux types de baigns utilisés,
- à la nature des opérations,
- aux conditions de mise en œuvre.

Deux indices ont été choisis pour décrire ces risques :

- un indice caractéristique de la toxicité du ou des polluants émis représenté par les lettres A, B, C, D, A correspondant aux produits les plus toxiques;

- un indice caractéristique de la quantité de polluant émise représenté par le chiffre 1, 2, 3 ou 4, 1 correspondant à la plus forte émission.

L'association de ces deux indices conduit à la détermination du niveau global de risque (NGR).

Le risque lié au dégagement d'hydrogène n'a pas été pris en compte dans cette démarche dans la mesure où il s'accompagne le plus souvent d'une émission de substances dangereuses sur le plan toxicologique.

## Indice de toxicité

Un référentiel est nécessaire

Pour déterminer la toxicité associée à un bain, il faut un référentiel de valeurs limites.

En l'absence de valeurs réglementaires françaises, il a été fait référence aux valeurs limites indicatives de concentra-

tion des substances dangereuses dans l'air publiées en France ou, à défaut, à celles publiées par l'ACGIH.

Les constituants des baigns pris en compte 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. L'affectation de l'indice de toxicité a été faite selon le tableau I :

- les valeurs limites de concentration (VL) pour les gaz et vapeurs sont exprimées en volume (partie par million : ppm);

- celles pour les constituants des aérosols en masse (mg.m<sup>-3</sup>) [4] (voir annexe I).

- Lorsque plusieurs substances de toxicité différente sont émises simultanément, on retient l'indice correspondant au risque le plus élevé.

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

TABEAU I

### INDICE DE TOXICITÉ

Indice de toxicité	Valeurs limites	
	gaz-vapeurs (ppm)	aérosols (mg.m <sup>-3</sup> )
A	VL ≤ 10	VL ≤ 0,1
B	10 < VL ≤ 100	0,1 < VL ≤ 1
C	100 < VL ≤ 500	1 < VL ≤ 10
D	VL > 500	VL > 10

TABLEAU II  
NIVEAU GLOBAL DE RISQUE

Indice d'émission	Indice de toxicité			
	A	B	C	D
1	I	II	II	V
2	I	II	III	V
3	II	III	IV	VI
4	IV	IV	VI	VI

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

C'est le cas des cuves de rinçage à froid, des bains de dépôts alcalins d'argent, des bains de dépôts électrolytiques cyanurés de cadmium.

## Niveau global de risque

Le croisement des deux indices permet donc de définir 16 combinaisons de risques allant de **A1** pour les procédés à haut risque (produits très toxiques A émis en quantité importante 1) à **D4** (produits peu nocifs D émis en quantité très faible 4).

Dans le but de définir en parallèle les conditions de captage et de ventilation nécessaires à l'obtention d'une atmosphère salubre aux différents postes de travail et dans l'ambiance des ateliers, on a retenu 6 niveaux globaux de risques (NGR), repérés en chiffres romains dans lesquels les 16 niveaux précédemment définis sont regroupés conformément au tableau II.

NGR = I, II, III ou IV, le captage localisé s'impose.

NGR = V correspond aux opérations dégageant des polluants peu nocifs mais émis en quantité importante. Le captage de ces polluants n'est pas considéré comme nécessaire vis-à-vis du risque d'inhalation, mais il est souhaitable afin d'assurer des conditions minimales de confort (liées à l'humidité relative, la condensation...) ou simplement pour ne pas augmenter la potentialité des risques d'origine électrique.

NGR = VI correspond au risque minimal, il n'exige aucune condition particulière de captage.

### Choix du dispositif d'aspiration pour chaque cuve

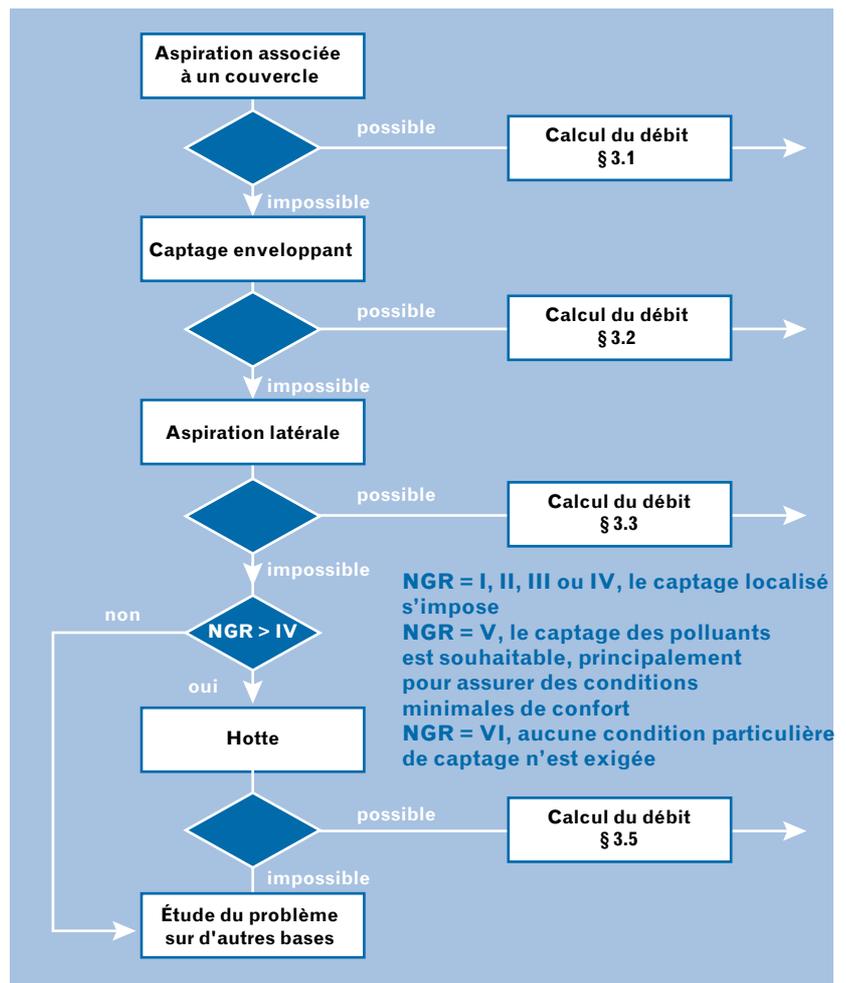
NGR = I, II, III ou IV, le captage localisé s'impose  
 NGR = V, le captage des polluants est souhaitable, principalement pour assurer des conditions minimales de confort  
 NGR = VI, aucune condition particulière de captage n'est exigée

## 2. Les dispositifs de captage

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 bains, mais aussi celle des pièces émergées.

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. Le confinement sera obtenu par une enceinte enveloppant les pièces tout au long de leur trajet aérien. Ce dispositif devra intégrer les contraintes du procédé et notamment la nécessité de l'égouttage des pièces. Une ventilation de cette enceinte doit empêcher les polluants de se répandre dans l'atelier.



## Comment choisir le dispositif de captage

La priorité : minimiser, à performances égales, les débits à mettre en œuvre.

Cela revient à réduire les contraintes et les nuisances liées à la ventilation :

- Encombrement des capteurs, des conduits, des épurateurs, etc.
- Bruit aérodynamique des ventilateurs.
- Courants d'air (entre aspiration et compensation).
- 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).

Les débits à mettre en œuvre pourront être très différents selon le dispositif de captage choisi.

## 2.1. Dispositifs associés à des couvercles (fig. 1 à 8)

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

### Attention

**Du fait que ces dispositifs à couvercle demandent un faible débit en position fermée, ils perdent presque toute leur efficacité dès qu'ils sont ouverts.**

Il est donc recommandé, en fonction du danger des polluants, qu'un asservissement provoque une augmentation de débit dès l'ouverture, jusqu'à la valeur recommandée en l'absence de couvercle.

Le couvercle doit être compatible avec le fonctionnement du traitement, qu'il soit manuel ou automatique.

Lorsque ce fonctionnement rend inapplicable le principe du couvercle, il faut rechercher un dispositif le plus enveloppant possible.

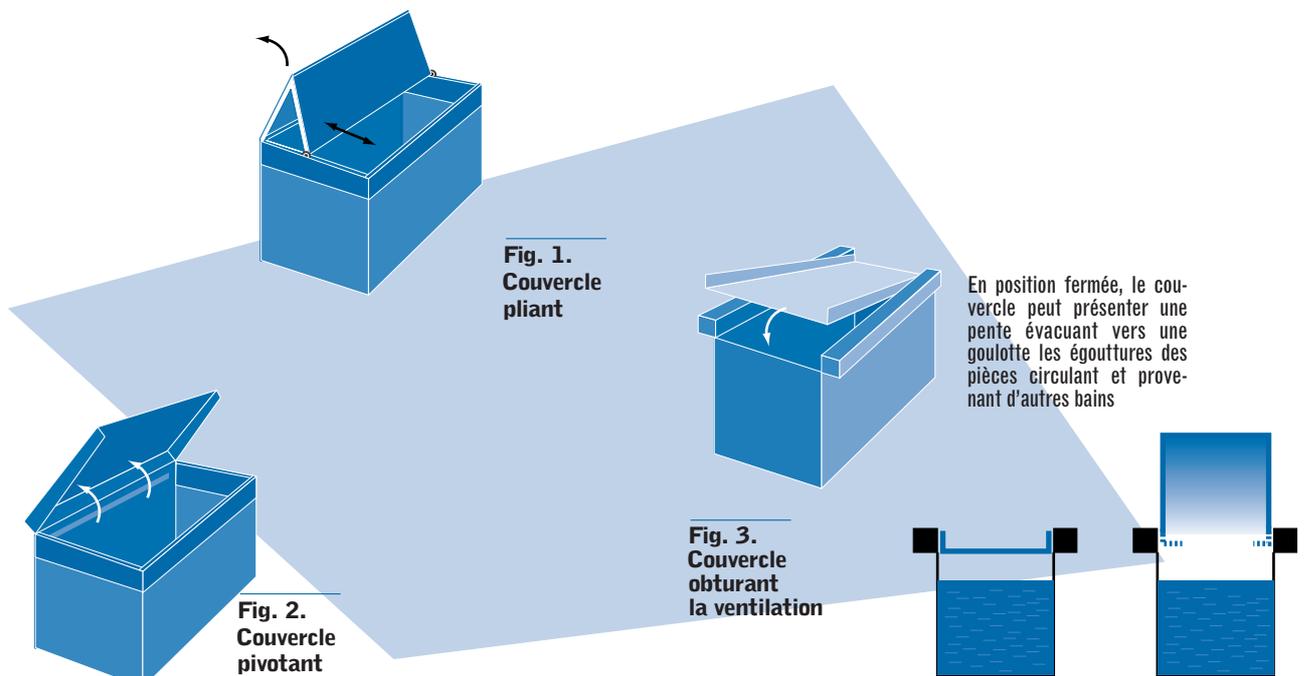
■ Les aspirations associées à des couvercles sont de type aspiration latérale. L'aspiration sous couvercle est le seul dispositif insensible aux courants d'air. La manœuvre des couvercles se fait par un mécanisme qui dépend de la façon dont les pièces ou le support de pièces sont introduits puis sortis du bain.

Par ordre de priorité décroissante,

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

- 1) associé à un couvercle
- 2) associé à un système enveloppant
- 3) laissant la cuve ouverte

Fig. 1 à 3. Dispositifs de captage avec couvercles basculants



## 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.

Dans les cas de bains émissifs au repos, l'ouverture du couvercle peut provoquer un échappement important de vapeur ou d'aérosol. Il est donc nécessaire d'augmenter le débit dès le début de l'ouverture du couvercle.

## Procédé mécanisé ou automatique

Le recours aux couvercles se justifie par leur facilité d'installation et leur pilotage par l'automate. Cependant ils sont insuffisants en raison des émissions dues aux pièces en transfert, émissions qui sont importantes en raison des surfaces traitées

et des cadences possibles. Ils doivent donc être complétés par des dispositifs du type enceinte embarquée, intégrée au portique, avec sa ventilation propre.

## 2.2. Dispositifs enveloppants (fig. 9 et 10)

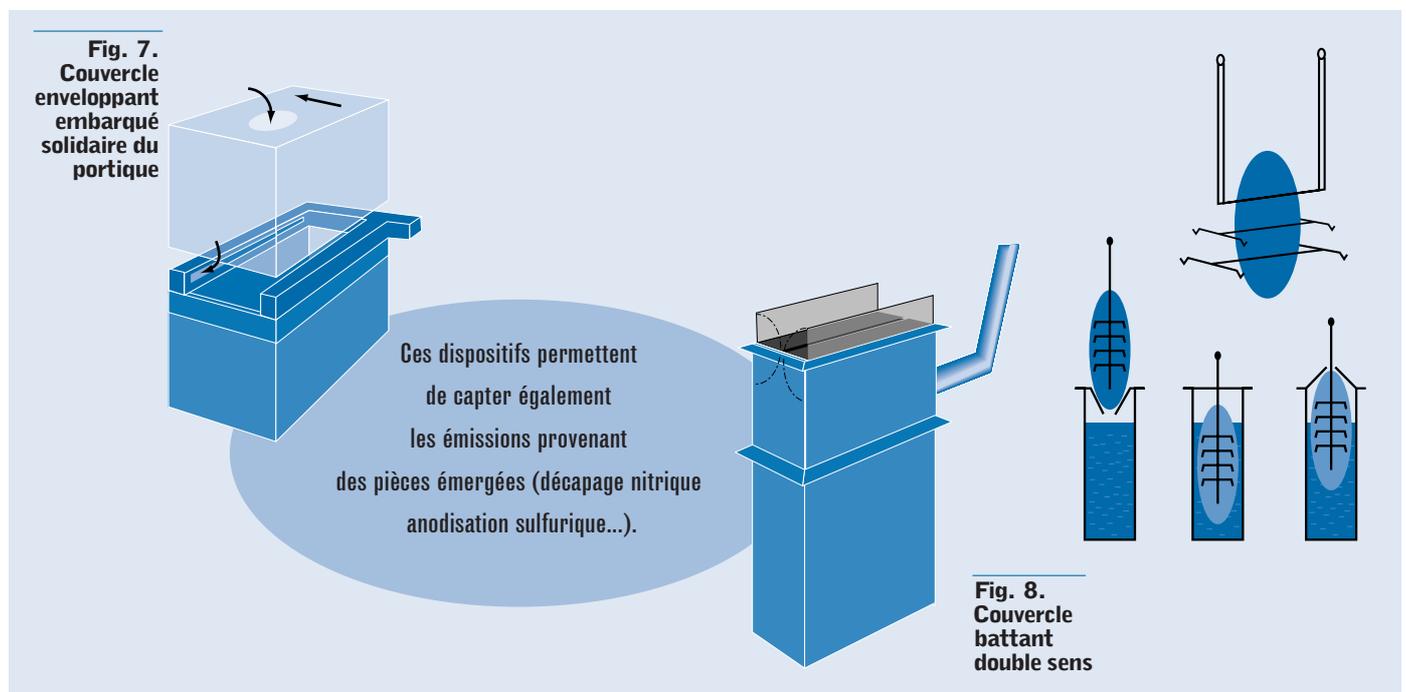
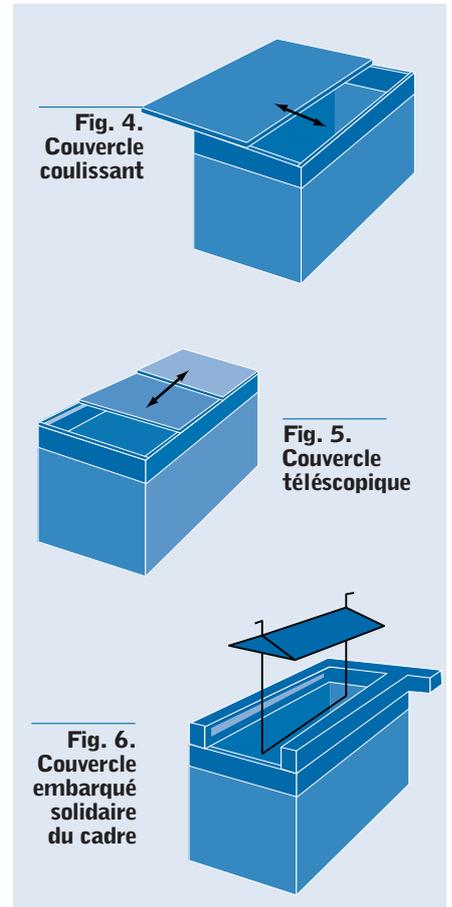
■ ■ Un capotage peut envelopper une ou plusieurs cuves.

### Attention

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

Ces dispositifs permettent d'améliorer des équipements existants.

■ ■ L'utilisation de ce dispositif est souhaitable lorsque l'émission des pièces émergées est importante et lorsque les temps d'immersion sont faibles.



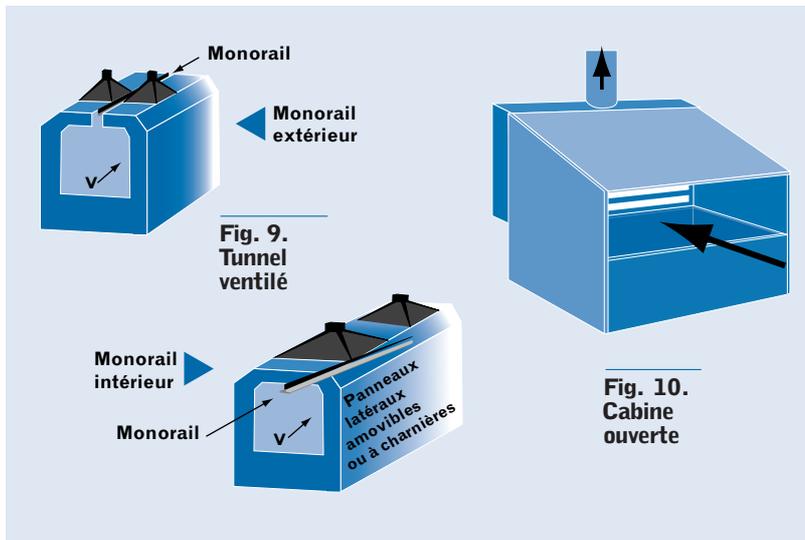


Fig. 9.  
Tunnel  
ventilé

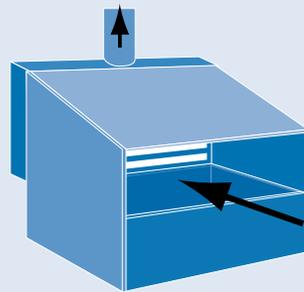


Fig. 10.  
Cabine  
ouverte

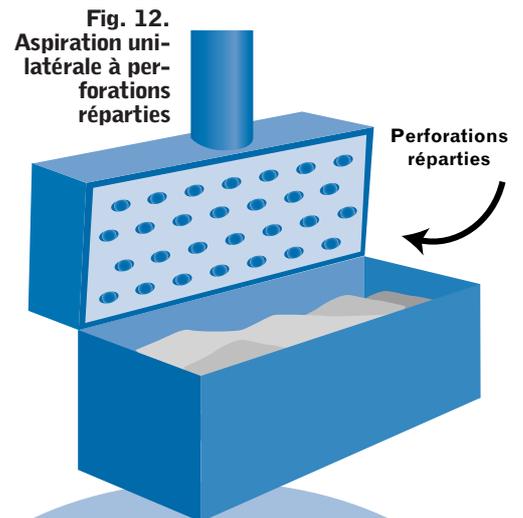


Fig. 12.  
Aspiration uni-  
latérale à per-  
forations ré-  
parties

### 2.3. Dispositifs d'aspiration sur cuve ouverte (fig. 11 à 16)

Ces dispositifs laissent libre l'espace au-dessus de la surface du bain. 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.

On cherchera à fermer une partie de la surface libre dans la mesure où les pièces introduites laissent une marge libre non indispensable pour la précision des manutentions.

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

- de la nécessité d'assurer une bonne répartition 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 la nécessité de dimensionner l'ouverture du système de captage en fonction de la hauteur des pièces à traiter ou des bacs destinés à les recevoir;
- de l'intérêt de mettre en place des écrans permettant de diminuer les débits d'aspiration et de rendre le système moins sensible aux courants d'air perturbateurs.

#### Attention

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

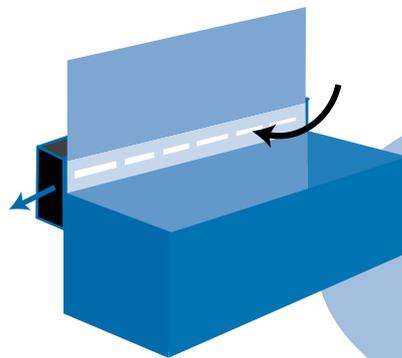


Fig. 13.  
Aspiration  
unilatérale  
à dossier

Le système de captage lui-même peut être conçu pour assurer une fonction d'écran protecteur (voir aussi fig. 16)

Fig. 14.  
Aspiration  
unilatérale  
à dossier  
et écrans

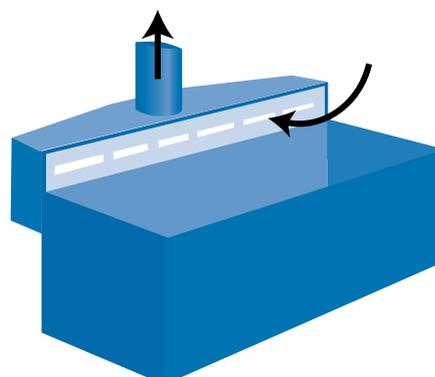
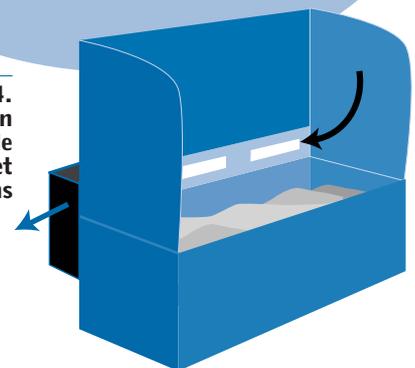


Fig. 11.  
Aspiration  
unilatérale

Fig. 15.  
Aspiration  
bilatérale

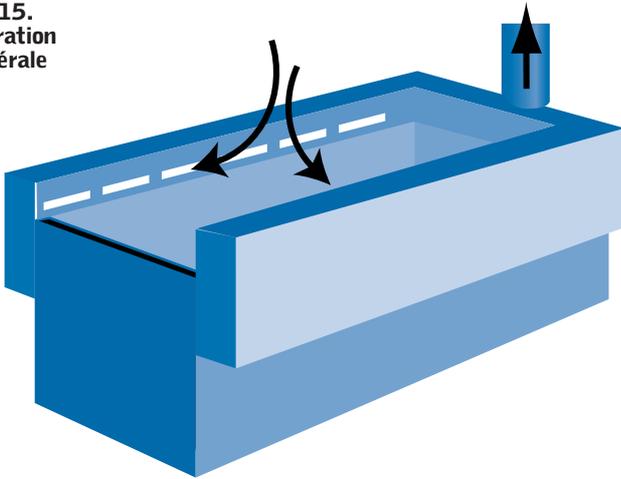


Fig. 16.  
Aspiration  
circulaire

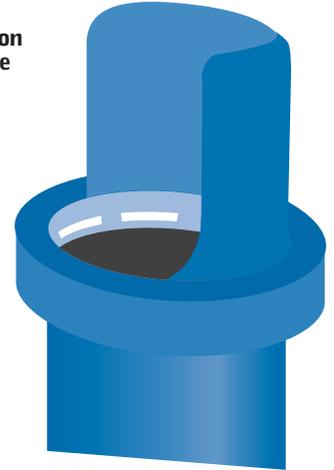
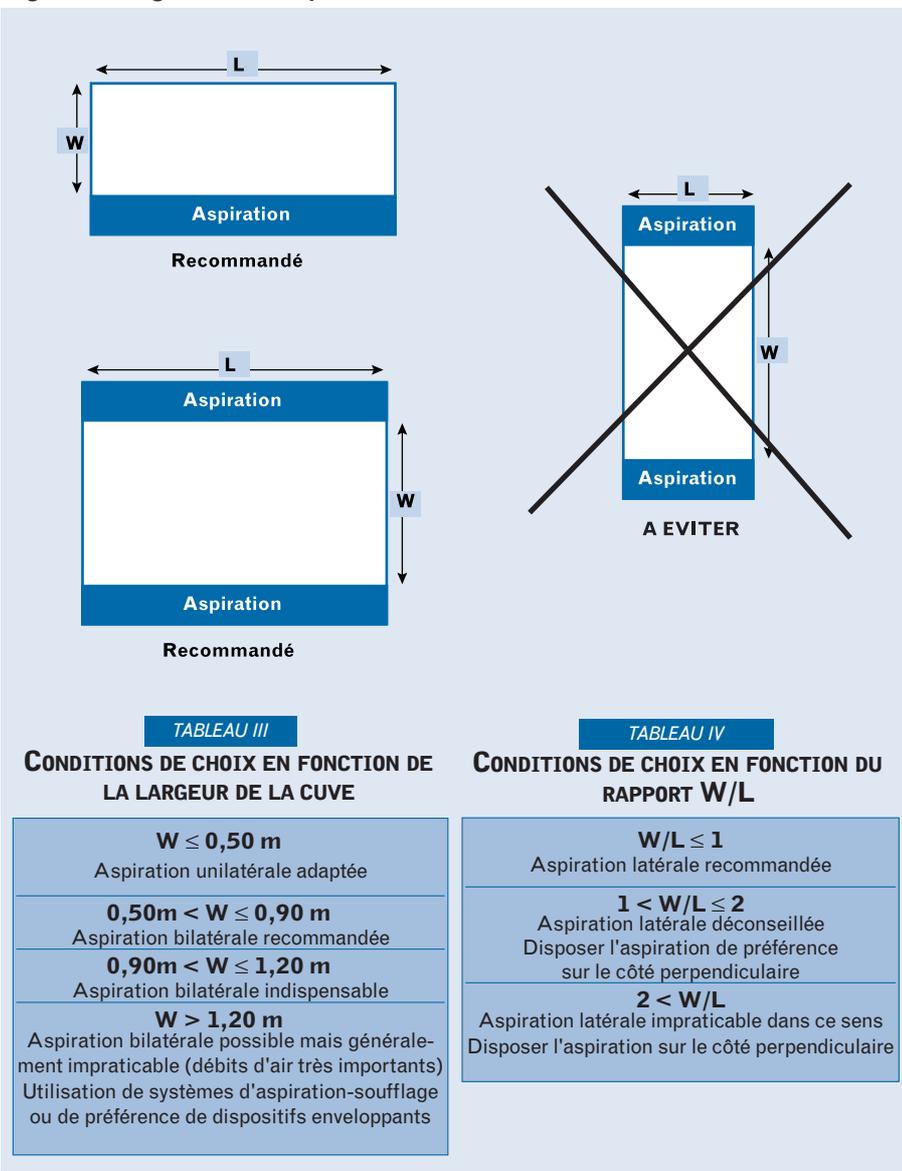


Fig. 17. Configuration des aspirations latérales



Les recommandations de choix entre l'aspiration unilatérale et l'aspiration bilatérale sont présentées figure 17.

On appelle :

W la dimension du bain perpendiculairement au dispositif d'aspiration latérale (plus le recul éventuel du dispositif de captage par rapport au bain),

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

## 2.4. Aspiration-soufflage (fig. 20)

Plusieurs jets d'air placés à une extrémité de la cuve poussent les polluants vers l'autre extrémité munie d'un dispositif d'aspiration.

Ces dispositifs permettent une réduction sensible des débits d'aspiration. Ils sont donc utilisés lorsque la largeur des baigns dépasse 1,20 m et que l'utilisation de couvercles ou dispositifs de captage enveloppants est techniquement impossible.

### Attention

Les performances de ces systèmes peuvent s'inverser :

- lorsque les débits de soufflage et d'aspiration ne sont pas adaptés (cf. § 3.4) ;
- lorsqu'un obstacle intercepte le jet. Le jet est alors « cassé » et les polluants qu'il contient dispersés dans l'ambiance. Ce phénomène se produit lorsque les pièces et les paniers sortent des baigns.

L'utilisation des dispositifs d'aspiration-soufflage est donc limitée aux processus où le temps d'immersion des pièces est important par rapport au temps de transit

## 2.5. Hottes (fig. 18)

Une hotte est un dispositif d'aspiration placé au-dessus du bain.

### Attention

Trois inconvénients majeurs interdisent l'utilisation de la hotte sur les baigns dangereux (voir § 3.5) :

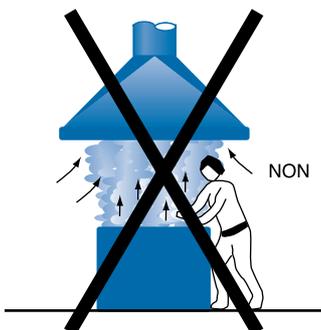
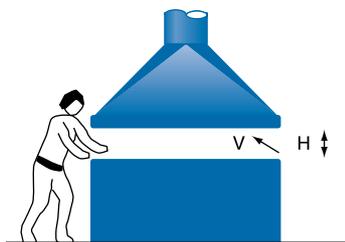
- les travailleurs ayant à intervenir ont les voies respiratoires situées dans le flux d'air pollué ;
- les performances d'une hotte sont très sensibles aux courants d'air ;
- elle nécessite des débits élevés pour une efficacité souvent restreinte.

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

TABEAU V

### VITESSE MOYENNE AUX OUVERTURES POUR LES DISPOSITIFS DE CAPTAGE SOUS COUVERCLE

	Vitesse aux ouvertures (m.s <sup>-1</sup> )	
	e ≤ 0,1 m	e > 0,1 m
NGR I	1	1,3
NGR II	0,7	0,9
NGR III et IV	0,5	0,65



## 3. Calcul du débit

### 3.1. Aspiration sous couvercle (fig. 19)

En général, le couvercle n'est pas jointif sur toute la périphérie de la cuve. Il existe un espace libre permettant le passage de l'air entre les parties constitutives du couvercle et la cuve de traitement. Cet espace est appelé « ouvertures » dans la suite du guide. La largeur moyenne des ouvertures, appelée  $e$ , peut être déterminée par des mesures ou calculée de façon théorique en divisant la surface totale des ouvertures par leur longueur déployée.

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

$$Q = V \times S$$

$Q$  = débit d'aspiration en m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>

$S$  = surface totale des ouvertures en m<sup>2</sup>

$V$  = vitesse moyenne aux ouvertures en m.s<sup>-1</sup> (cf. tableau V).

On peut distinguer deux cas suivant la largeur des ouvertures laissées libres :

$e \leq 0,10$  m.

$e > 0,10$  m.

### 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 du débit nécessaire cuve ouverte, débit calculé suivant la méthode définie au § 3.3, cas de la fente non adossée; ce débit minimal aura pour effet :

- 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 d'explosion ;
- d'empêcher la condensation ;
- d'assurer l'évacuation des polluants avant qu'un autre système ne soit opérationnel.

### 3.2. Aspiration par dispositif de captage enveloppant

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

$$Q = S_0 \cdot V$$

$Q$  = débit total d'aspiration (m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>),  
 $S_0$  = surface frontale des ouvertures (m<sup>2</sup>),  
 $V$  = vitesse moyenne dans les ouvertures (m.s<sup>-1</sup>), fixée dans le tableau VI en fonction du niveau global de risque

Fig. 19.  
Aspiration sous couvercle

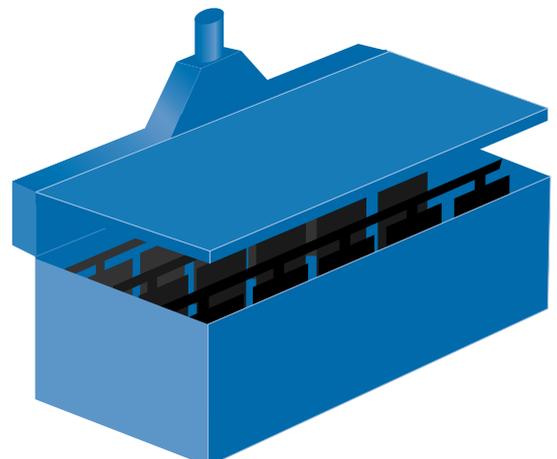


fig. 18.  
Hotte aspirante.  
Les travailleurs amenés à intervenir ne doivent pas avoir les voies respiratoires situées dans le flux d'air

### 3.3. Aspiration latérale [2, 3]

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

#### Intensités des courants d'air

Lorsque la vitesse de courant d'air dépasse fréquemment  $0,5 \text{ m.s}^{-1}$  les débits surfaciques indiqués dans le tableau VII sont insuffisants pour maintenir l'efficacité de captage à un niveau acceptable. Il convient de s'orienter vers une des solutions suivantes :

- prendre les mesures nécessaires pour réduire les courants d'air,
- mettre en œuvre des dispositifs plus performants (captage enveloppant...),
- mettre en place un dispositif d'aspiration bilatérale qui a l'avantage d'être moins sensible aux courants d'air que le système unilatéral.

#### Niveau de liquide

Son influence a pu être quantifiée. Le coefficient cité peut être utilisé pour corriger les débits surfaciques présentés au tableau VII.

La distance optimale entre le bord de la cuve et le liquide (franc-bord) se situe autour de  $0,30 \text{ m}$ . Pour les valeurs inférieures, l'efficacité décroît pour atteindre sa plus faible valeur quand le liquide est

au plus près du bord de la cuve. La chute d'efficacité peut atteindre 50 % entre ces deux valeurs de franc-bord.

Les débits surfaciques indiqués au tableau VII ont été déterminés en considérant un franc-bord de  $0,10 \text{ m}$ . Abaisser le niveau de liquide de  $0,10$  à  $0,30 \text{ m}$  permet de réduire les débits d'aspiration par un facteur 1,2.

#### Calculs

Le débit d'aspiration à mettre en œuvre est égal au produit de la surface du bain par le débit par unité de surface fixé dans le tableau VII en fonction du niveau global de risque.

$$Q = S_b \cdot q$$

$$Q = \text{débit total d'aspiration (m}^3\text{.s}^{-1}\text{)}$$

$$S_b = \text{surface du bain (m}^2\text{)}$$

$$q = \text{débit d'aspiration par unité de surface (m}^3\text{.s}^{-1}\text{.m}^{-2}\text{)}$$

L est la dimension du bain parallèle au dispositif d'aspiration latérale (fig. 17).

W est la dimension du bain perpendiculaire au dispositif d'aspiration latérale.

Pour des cuves circulaires avec aspiration latérale le long de la moitié de la circonférence, on utilise  $W/L = 1,0$ .

Lorsque la longueur du dispositif d'aspiration dépasse la moitié de la circonférence, on prend  $W/L = 0,5$ .

Dans le cas d'un caisson muni d'une fente d'aspiration, la répartition de la vitesse

à la fente d'extraction est acceptable, lorsque le caisson est dimensionné de telle façon que la vitesse y est inférieure à la moitié de la vitesse à la fente. Si cela est possible on préférera un rapport « vitesse dans le caisson » sur « vitesse à la fente » égale à  $1/3$ .

A titre d'exemple, si la vitesse aux fentes est fixée à  $10 \text{ m.s}^{-1}$ , la vitesse dans le caisson doit être comprise entre 3 et  $5 \text{ m.s}^{-1}$ .

### 3.4. Aspiration-soufflage

La masse d'air véhiculée par un jet provient pour une faible part de l'air apporté à l'origine du jet et pour une grande part de l'air induit prélevé dans l'ambiance. Il convient de dimensionner le débit initial en fonction de la largeur du bain de façon

TABLEAU VI

#### VITESSE MOYENNE AUX OUVERTURES POUR LES DISPOSITIFS DE CAPTAGE ENVELOPPANTS

	Vitesse moyenne (m.s <sup>-1</sup> )	
	Cabine ouverte	Tunnel
NGR I	0,5	0,7
NGR II	0,4	0,6
NGR III et IV	0,3	0,5

TABLEAU VII

#### DÉBITS SURFACIQUES À METTRE EN ŒUVRE (M<sup>3</sup>.S<sup>-1</sup>.M<sup>-2</sup>)

Dispositif d'aspiration appuyé sur une paroi							
	Aspiration unilatérale				Aspiration bilatérale		
	W/L ≤ 0,1	0,1 < W/L ≤ 0,25	0,25 < W/L ≤ 0,5	0,5 < W/L < 1	W/L < 0,5	0,5 < W/L ≤ 1	1 < W/L ≤ 2
NGR I	0,75	0,95	1,15	1,30	0,75	0,95	1,15
NGR II	0,50	0,65	0,75	0,90	0,50	0,65	0,75
NGR III	0,35	0,45	0,55	0,65	0,35	0,45	0,55
NGR IV	0,25	0,30	0,35	0,45	0,25	0,30	0,35
Dispositif d'aspiration non appuyé sur une paroi							
	Aspiration unilatérale				Aspiration bilatérale		
	W/L ≤ 0,1	0,1 < W/L ≤ 0,25	0,25 < W/L ≤ 0,5	0,5 < W/L < 1	W/L < 0,5	0,5 < W/L ≤ 1	1 < W/L ≤ 2
NGR I	1,15	1,30	1,50	1,70	1,15	1,30	1,50
NGR II	0,75	0,90	1,00	1,15	0,75	0,90	1,00
NGR III	0,55	0,65	0,75	0,85	0,55	0,65	0,75
NGR IV	0,35	0,45	0,5	0,55	0,35	0,45	0,50

Ces débits intègrent l'incidence de l'ensemble des paramètres testés dans une étude effectuée à l'INRS [2], par conséquent les valeurs inscrites au tableau VII se rapportent aux conditions d'essais les plus défavorables et en présence d'un courant d'air de  $0,5 \text{ m.s}^{-1}$ .

à ce que le débit total du jet à l'extrémité de la cuve soit inférieur au débit d'aspiration. A défaut, il y a refoulement des polluants qui sont alors projetés par le jet dans l'environnement.

Le dimensionnement d'un système d'aspiration-soufflage se fait sur la base des données suivantes :

a) Le débit d'aspiration  $Q_a$  est choisi égal à la moitié du débit d'un dispositif d'aspiration unilatérale non adossé à une paroi ou un écran (cf. tableau VII).

b) Le débit du jet de soufflage sera prévu pour atteindre  $0,025 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$  ( $90 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ ) sans toutefois pouvoir dépasser cette valeur.

Comme la plupart des déficiences des systèmes d'aspiration-soufflage proviennent d'une mauvaise adaptation du débit du jet au débit de l'aspiration, il est indispensable de prévoir un système de réglage du débit d'air et de l'orientation du jet. Une fois le réglage effectué à la mise en route de l'installation, le système de réglage doit être bloqué et la pression statique correspondante notée pour servir de référence. La réduction du débit de soufflage sera principalement nécessaire pour les plus faibles débits d'aspiration.

c) La largeur de la fente de soufflage sera telle que la vitesse au niveau de la fente soit voisine de  $10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ . La vitesse dans le caisson de distribution ne devra pas dépasser la moitié de la vitesse dans la fente.

d) La hauteur du dispositif de reprise d'air doit être égale environ au quart de la dimension  $W$  de la cuve.

Ces règles générales s'appliquent pour des dimensions  $W$  n'excédant pas quelques mètres (2 ou 3 par ex.). Au-delà, des études sur maquette peuvent être nécessaires.

### 3.5. Aspiration par hotte

Les hottes ne sont utilisables qu'avec les NGR V et VI.

Le calcul du débit est effectué suivant les mêmes modalités que celles des dispositifs enveloppants en appliquant les formules suivantes :

$$Q = 1,4 \text{ PHV}$$

$Q$  = débit total d'aspiration ( $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ )

$P$  = longueur développée de l'ouverture du bain (m),

si les 4 côtés sont ouverts,

$$P = [2 \times (W + L)]$$

si 3 côtés sont ouverts,

$$P = [2W + L] \text{ ou } [W + 2L]$$

si 2 côtés sont ouverts,

$$P = [W + L] \text{ ou } [2W] \text{ ou } [2L]$$

$W, L$  = largeur et longueur de la cuve (m)

$H$  = distance entre le haut de la cuve et la partie inférieure de la hotte (m)

$V$  = vitesse moyenne dans l'ouverture ( $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ).

La vitesse moyenne dans l'ouverture est de  $0,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ .

La figure 21 (page suivante) présente une comparaison des débits de captage sur un cas particulier.

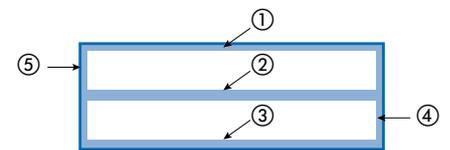
### 3.6. Exemples de calcul de débit

#### 1<sup>er</sup> exemple : Aspiration sous couvercle mobile

Cuve de chromage de  $4 \text{ m} \times 1,10 \text{ m}$ , munie d'un couvercle en deux parties ouvrantes de  $4 \text{ m} \times 0,55 \text{ m}$ , laissant à leur périphérie une largeur moyenne d'ouverture de  $4 \text{ cm}$ .

La température du bain est de  $40 \text{ }^\circ\text{C}$  ; l'ambiance n'est pas perturbée par des courants d'air. L'analyse du procédé conduit à la classe de risque A 1. Le niveau global de risque en l'absence de courants d'air est donc NGR I.

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



Surface des ouvertures ① + ② + ③

$$3 (4 \times 0,04) = 0,48 \text{ m}^2$$

Surface des ouvertures ④ + ⑤

$$2 (1,10 \times 0,04) = 0,088 \text{ m}^2,$$

soit une surface totale de  $0,57 \text{ m}^2$ .

La largeur des ouvertures étant inférieure à  $0,10 \text{ m}$ , on adopte une vitesse de  $1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  et le débit à extraire est de :

$$Q = S \cdot V = 0,57 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1},$$

soit  $2\,050 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ .

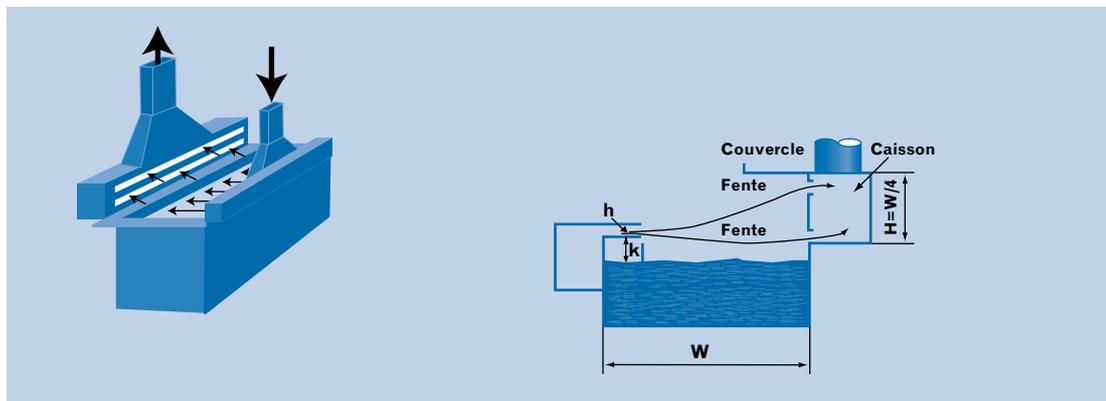
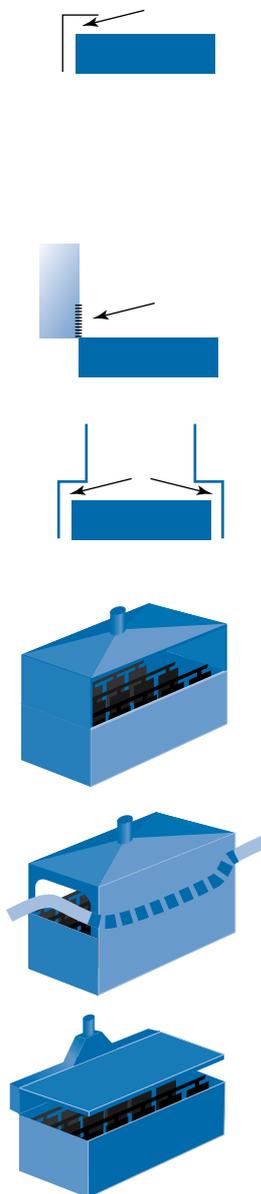


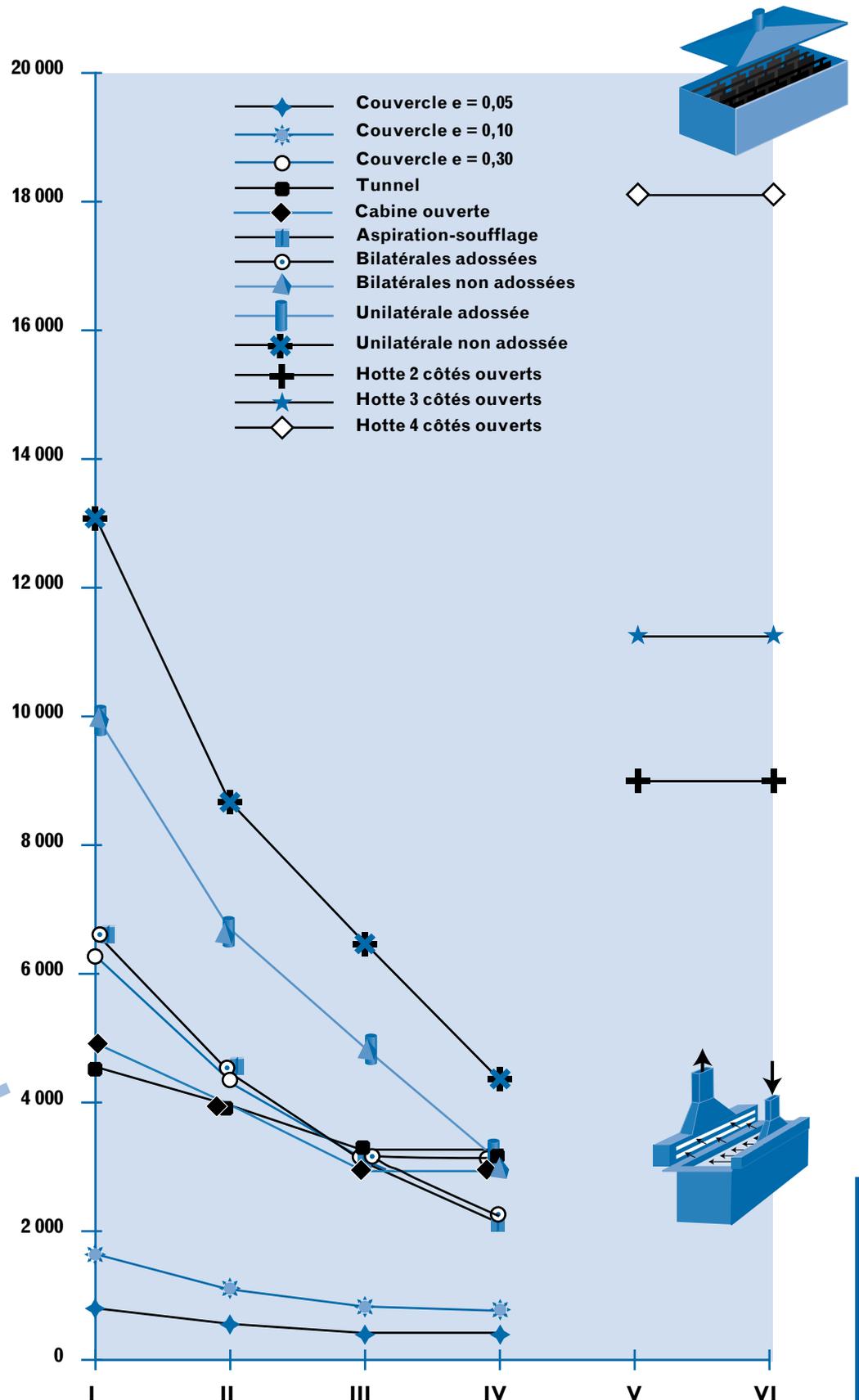
Fig. 20. Aspiration soufflage  
 $h$  = largeur de la fente;  
 $k$  = distance entre la surface du bain et le bas de la fente de soufflage,  $0,15 \text{ m}$  minimum

**Fig. 21. Les débits de captage associés aux différents types de dispositifs**

Les valeurs présentées dans cet exemple ne sont valables que pour les dimensions qui ont été retenues pour ce calcul ( $W = 0,9$  m et  $L = 2,7$  m). Elles expriment des tendances, dont on peut s'inspirer, mais qui ne sont en aucun cas transposables.



## COMPARAISON DES DÉBITS SUR UN CAS PARTICULIER



### Commentaires sur la figure 21

■ les couvercles, à condition qu'ils soient suffisamment jointifs, permettent la mise en œuvre de débits d'air nettement plus faibles que les autres dispositifs de ventilation.

■ Dans ce cas particulier, la cabine ouverte et le tunnel font appel à des débits équivalents, quels que soient les NGR. Pour le NGR IV, ces systèmes sont moins performants que les dispositifs d'aspiration bilatérale adossée ou les dispositifs d'aspiration-soufflage.

■ Le tunnel est plus intéressant s'il est commun à plusieurs cuves. En effet, la surface d'ouverture restant constante quel que soit le nombre de cuves, le débit unitaire (par cuve) s'obtient en divisant le débit calculé avec le NGR le plus critique par le nombre de cuves.

■ Des réductions s'échelonnant d'environ 1 000 à 3 500 m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup>, suivant le NGR peuvent être obtenues en remplaçant un dispositif d'aspiration unilatérale non adossée par un dispositif d'aspiration unilatérale adossée ou bilatérale. A nouveau, une réduction équivalente est obtenue en adossant ces dernières.

■ Suivant le type de hottes, des débits très élevés (10 000 à 20 000 m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup>) seraient nécessaires alors que 5 000 m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup> suffiraient avec des fentes et pour un niveau de risque plus critique (NGR IV au lieu de V ou VI). Les hottes ne se justifient donc qu'en cas de sources d'émission très chaudes.

Ce débit est majoré à 2 400 m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup> pour ne pas être inférieur à 1/10 du débit cuve ouverte.

### 2<sup>e</sup> exemple : Aspiration par dispositif de captage enveloppant

Type tunnel, disposé sur la cuve précédente (sans couvercle).

Surface des deux ouvertures : 3 m<sup>2</sup>.

1. Pour NGR I, le débit d'aspiration par unité de surface d'ouverture est de 0,7 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>.m<sup>-2</sup>.

2. Le débit total d'aspiration est alors de  $Q = S \cdot q = 3,0 \times 0,7 = 2,10 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , soit 7 560 m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup>.

### 3<sup>e</sup> exemple : Aspiration bilatérale sur cuve ouverte

La même cuve de chromage ouverte, sans capotage enveloppant ni couvercle, munie d'une aspiration en lèvre sur les deux grands côtés.

$$W/L = 1,1/4 = 0,275.$$

Pour NGR I, le débit surfacique (sans écran) est 1,15 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>.m<sup>-2</sup>, pour un rapport W/L inférieur à 0,5. La surface d'échange avec l'atmosphère de l'atelier est identique à celle de la cuve,

$$\text{c'est-à-dire } 4 \times 1,1 = 4,4 \text{ m}^2$$

et le débit est alors de :

$$Q = S \cdot q = 4,4 \times 1,15 = 5,06 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

soit environ 18 200 m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup>.

Bilan des débits des trois exemples

Exemple	Débit d'air extrait
1 - Couvercle	2 400 m <sup>3</sup> .h <sup>-1</sup>
2 - Capotage tunnel	7 560 m <sup>3</sup> .h <sup>-1</sup>
3 - Cuve ouverte	18 200 m <sup>3</sup> .h <sup>-1</sup>

### 4<sup>e</sup> exemple : Aspiration-soufflage

Cuve de nickelage (procédés à anodes insolubles) de 4 m x 1,5 m. L'utilisation autorise le positionnement des systèmes de ventilation le long du plus grand côté. Quels débits de ventilation en l'absence de courants d'air et de paroi latérale ?

1. L'analyse du procédé conduit à retenir la classe de risque A4. En l'absence de courants d'air, NGR = IV.

2. L'aspiration-soufflage est utilisable dans ce cas bien qu'elle ne soit pas recommandée par suite des difficultés de réglage couramment rencontrées. On suppose en particulier que le jet d'air est peu perturbé par le passage des pièces.

3. Dans le cas d'une aspiration unilatérale, avec W/L = 1,5/4 = 0,37, le tableau VII conduit à retenir un débit de 0,50 pour un rapport W/L compris entre 0,25 et 0,5. le débit total d'aspiration à mettre en œuvre dans le cas d'un dispositif d'aspiration unilatérale serait de :

$$Q = q \times S = 0,50 \times 4 \times 1,5 = 3 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}.$$

4. Le débit d'aspiration à mettre en œuvre dans le cas d'un dispositif d'aspiration-soufflage est donc de :

$$Q_a = Q/2 = 2,1/2 = 1,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}, \text{ soit } 5\,400 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}.$$

5. La hauteur du dispositif de reprise est égale au quart de la dimension du bain perpendiculaire au dispositif d'aspiration :  $H = 0,25 \text{ W} = 0,25 \cdot 1,5 = 0,375 \text{ m}$

6. La hauteur des fentes d'aspiration a pour valeur

$$f = \frac{\text{débit d'aspiration}}{(\text{longueur}) \times (\text{vitesse d'air})} = \frac{1,5}{4 \cdot 10}$$

soit  $f = 0,037 \text{ m}$ . On pourrait par exemple prévoir deux fentes de 2 cm

7. Le débit de soufflage à prévoir est de 0,025 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>.m<sup>-2</sup>

soit 0,15 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup> (540 m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup>) pour la cuve. Le débit du jet sera réglé après essai, lors de la mise en route de l'installation.

8. La hauteur de la fente de soufflage se déduit de la vitesse de soufflage fixée à 10 m.s<sup>-1</sup> ;

$$h = \frac{\text{débit de soufflage}}{(\text{longueur fente}) \times (\text{vitesse d'air})}$$

$$\text{soit } h = 0,0037 \text{ m, soit environ } 0,4 \text{ cm.}$$

### 5<sup>e</sup> exemple : Aspiration bilatérale

Considérons une cuve de démétallisation de cuivre sur plastique ABS à l'acide nitrique de 2,2 x 1 m. Cette cuve est placée contre un mur. Déterminer les débits de ventilations à mettre en œuvre par un dispositif d'aspiration bilatérale.

1. L'analyse du procédé conduit à retenir la classe de risque A2. NGR = I.

2. La démarche suivie confirme qu'un dispositif d'aspiration sous couvercle ou un dispositif enveloppant est techniquement impossible à retenir.

3. Les dimensions de la cuve correspondent à un rapport W/L de 1/ 2,2 = 0,44.

Le tableau VII conduit à retenir un débit surfacique de 0,75 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>.m<sup>-2</sup> pour un rapport W/L inférieur à 0,5.

4. Le débit total d'aspiration à mettre en œuvre dans le cas d'un dispositif d'aspiration bilatérale serait de :

$$Q = q \cdot s = 0,75 \times 2,2 \times 1 = 1,65 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}, \text{ soit } 5940 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}.$$

Si la cuve n'est pas placée contre un mur, mais accolée à d'autres cuves munies également d'un dispositif d'aspiration bilatérale, le débit surfacique à retenir est de la même façon 0,75 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>.m<sup>-2</sup>.

## CONCEPTION DU RÉSEAU

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** incluant son réchauffage si nécessaire ;
- des dispositifs d'**épuration** ;
- éventuellement, une **ventilation générale**.

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 captage répond à des règles développées dans le guide pratique de ventilation n° 0 [5].

### 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 produits qui, mélangés, peuvent former des gaz ou vapeurs dangereuses*. Il faut aussi séparer les aérosols qui doivent être arrêtés avant rejet.

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 trois collecteurs :**

- les acides et bases,
- le chrome,
- les cyanures.

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

#### Matériaux

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

#### Caractéristiques du réseau

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

Pour pallier au déséquilibre aéraulique pouvant en résulter, la démarche suivante peut être adoptée :

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

2) calculer les raccordements terminaux ou les fentes des capteurs à forte vitesse, ce qui provoque une perte de charge relativement élevée mais qui sera la même partout.

Ces réseaux sont souvent le siège de condensations encrassantes. Une pente régulière doit être aménagée pour canaliser les condensations 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.

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

- elles se ferment de haut en bas pour permettre les écoulements de condensats,
- 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 recherches 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.

### COMPENSATION D'AIR

**Les dispositifs d'apport d'air de compensation incluent son réchauffage si nécessaire**

L'air extrait par les systèmes de ventilation doit être compensé par des apports d'air équivalents 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'extractions 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 pour le personnel.

Un dispositif spécifique d'introduction d'air est recommandé. Les diffuseurs d'air seront choisis et positionnés de manière à ce que le jet d'air défini par son enveloppe à 0,25 m/s ne perturbe pas la zone d'extraction des polluants et les postes de travail. En période froide, un réchauffage de l'air doit être prévu.

La ventilation prévisionnelle peut être utilisée comme outil d'aide à la conception des systèmes de compensation. A 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 tous points de l'atelier. Elle permet aussi d'évaluer l'effet de la compensation sur l'efficacité des captages et sur le confort au poste de travail. Après corrections successives, la simulation permettra de déterminer le système qui répondra le mieux aux objectifs de qualité d'air fixés pour l'installation.

### ÉPURATION DES REJETS GAZEUX

Les différents systèmes d'épuration sont les suivants:

#### ● Traitement mécanique

Un dévésiculateur 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 dévésiculateur 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 assurent un temps de contact important;

- *laveur à pulvérisation* : le contact est assuré par l'augmentation de l'interface eau/air grâce à une fine pulvérisation.

A la suite d'un lavage, l'air est en général chargé en aérosol qu'il convient d'éliminer par un dévésiculateur ou séparateur de gouttes.

### VENTILATION GÉNÉRALE

**De nombreux facteurs sont souvent difficiles, voire impossibles à évaluer simplement, notamment :**

- le nombre, la répartition et le débit des sources de pollution ;
- la toxicité des polluants ;
- l'influence des conditions météorologiques locales en cas d'introduction ou extraction

d'air naturelle ;

- l'adaptation de la distribution et de l'extraction de l'air en fonction de la répartition des sources de pollution.

**Il en résulte une grande difficulté dans l'approche quantitative de ce type de problème.**

Il convient, par ailleurs, de rappeler que le calcul d'une installation de ventilation générale ne fait pas intervenir le concept de taux de renouvellement d'air de l'atelier [6].

On peut être tenté de faire référence à cette notion lorsqu'on ne dispose pas de données suffisantes pour le calcul de la ventilation générale d'un local. L'utilisation de cette grandeur, qui repose sur la connaissance de données empiriques de taux de renouvellement d'air dans différents types de locaux industriels, est critiquable voire dangereuse puisqu'une même source de pollution conduit, à partir de cette méthode, à des débits de ventilation différents selon le volume du local, ce qui n'est pas justifié.

## REJET DE L'AIR POLLUÉ 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'arrêt d'exploitation de l'entreprise. On devra veiller à ce que les sorties correspondantes ne soient pas situées à proximité des bouches de reprise d'air neuf servant au renouvellement de l'air des locaux.

## VENTILATION DE DIVERSES INSTALLATIONS

### Station de détoxification

La réglementation relative à la protection de l'environnement impose une détoxification des eaux et bains avant leur rejet dans le réseau d'évacuation (élimination des cyanures, du chrome VI, ajustement du pH...).

Ces opérations nécessitent l'utilisation de produits chimiques divers dont la mise en œuvre conduit à des dégagements de polluants dans l'atmosphère.

Les stations de détoxification comportent des cuves de stockage d'effluents à traiter, des cuves de réactifs et des cuves de traitement. Toutes ces cuves doivent être équipées de couvercles et être reliées à un

réseau d'aspiration. L'élimination des émanations normales est assurée par une légère dépression sous le couvercle. Le réseau de collecte doit suivre les mêmes règles de séparation que dans l'atelier de traitement.

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 doivent disposer d'une ventilation puissante de secours si elles sont placées dans un espace confiné. Elles doivent de plus être équipées d'un système de détection et d'alarme. Ce dispositif est indispensable lorsqu'il y a un risque d'émission de cyanure d'hydrogène.

### Stockage des produits [8]

Un local de stockage ne demande qu'une ventilation naturelle sauf pour des risques particuliers (cyanures). Les locaux de stockage de produits en récipients fermés ne sont le siège d'émanations atmosphériques qu'en cas de fuite ou d'accident de manutention.

Aucun fractionnement ne doit y être effectué sans l'installation d'un dispositif de captage à la source prévu à cet effet.

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.

### Préparation des bains

Lorsqu'elle se fait dans une cuve spécialisée, un captage à la source doit être installé.

### Laboratoire d'analyse [9]

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.

## CONTRÔLE D'UN SYSTÈME DE VENTILATION

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, conformément aux prescriptions des arrêtés des 8 et 9 octobre 1987. Pour les méthodes de contrôle, il convient de se reporter au guide de ventilation n° 0 [6]. Des points de contrôle doivent être prévus dès la conception de l'installation.

## BIBLIOGRAPHIE

1. ANSI Z.9.1.1991 - Open surface tanks. Practices for ventilation and operation. New York, American National Standards Institute, 1991.
2. 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.
3. 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.
4. Recueil des fiches toxicologiques. Paris, INRS, ED 613 (environ 230 fiches mises à jour régulièrement).
5. Aération et assainissement des ambiances de travail. Réglementation générale. Textes et commentaires. Paris, INRS, ED 720.
6. Guide pratique de ventilation n° 0 - Principes généraux de ventilation. Paris, INRS, ED 695.
7. BATURIN V.V. - Fundamentals of industrial ventilation. Chap. 16 : local exhaust systems. Oxford, Pergamon Press, 1972.
8. FLANIGAN L.J. et coll. - Development of design criteria for exhaust systems for open surface tanks. Cincinnati, HEW Publication n° 75-108, 1974, 66 p.
9. Stockage et transvasement des produits chimiques dangereux. Paris, INRS, ED 753.
10. Guide pratique de ventilation n° 18 - Sorbonnes de laboratoires. Paris, INRS, ED 795.
11. Ateliers de traitement de surface - Guide d'identification des cuves, canalisations et équipements. Paris, INRS, ED 794.
12. Instruction relative à l'aménagement et l'exploitation des ateliers de traitement de surface annexée à l'arrêt du 26 septembre 1985.

## EXEMPLE DE CAPOTAGE

### EXEMPLE 1 - BAIN DE CHROMAGE RECOUVERT DE CAPOTS MOBILES

#### Présentation sommaire de l'atelier

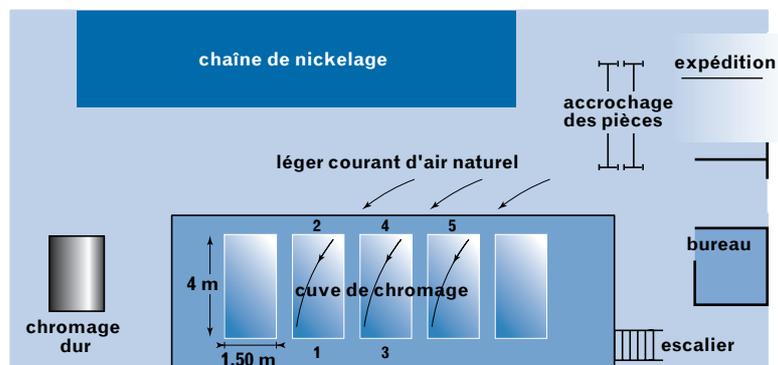
L'atelier comprend une petite chaîne de nickelage, une cuve de chromage dur et 5 cuves de chromage mesurant chacune 4 m de long par 1,50 m de large.

Ces 5 cuves de chromage sont équipées d'une aspiration bilatérale sur la longueur. Les plafonniers supportant les pièces à chromer sont habillés par des capots en forme de V renversé permettant de couvrir environ 70 % de la surface de chaque bain pendant le chromage.

#### Résultats des prélèvements d'atmosphère (cf. tableau)

Les prélèvements d'ambiance ont été effectués pendant plus de 5 heures en 5 points situés aux extrémités des cuves de chromage (à 0,50 m au-dessus du niveau du bain et à 0,20 m à l'extérieur du plan de la paroi de la cuve). Le prélèvement individuel a été effectué sur l'opérateur travaillant vers ces cuves.

Emplacement	Concentration (mg.m <sup>-3</sup> )	
	hexavalent	total
Ambiance	0,016	0,027
Prélèvement individuel	0,026	0,049

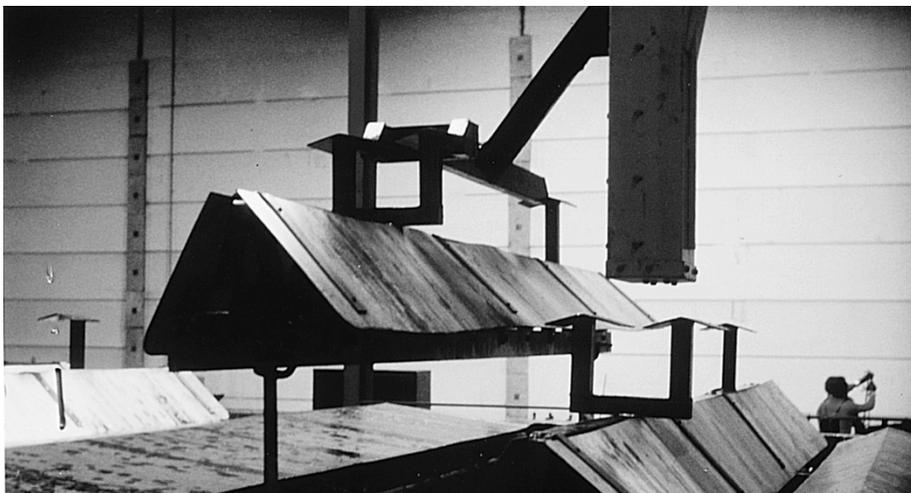


#### Commentaires

les concentrations relevées sont inférieures à la valeur moyenne d'exposition de 0,05 mg.m<sup>-3</sup> admise en France pour le chrome hexavalent. Cette réalisation montre qu'il est possible d'assainir efficacement des cuves et bains de traitement de surface avec une ventilation «réduite» en plaçant des capots ou couvercles recouvrant une surface importante.

Dans le cas présent, où les capots recouvrent environ 70 % de la surface de chaque cuve de chromage, le débit d'aspiration est voisin de 7 000 m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup>.

La même cuve utilisée ouverte, c'est-à-dire sans capot, aurait nécessité un débit d'environ 25 000 m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup> calculé à partir des critères du tableau VII (1,15 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>.m<sup>2</sup>).



## EXEMPLE DE CAPOTAGE

### EXEMPLE 2 - GRAND BAIN DE DÉCAPAGE FLUONITRIQUE TOTALEMENT CAPOTÉ

Il s'agit d'une cuve de 13 m x 4,50 m, utilisée pour le décapage de cuves en inox par un bain d'acide fluonitrique.

La cuve de décapage est couverte par deux capotages coulissants et télescopiques l'un dans l'autre pour dégager l'accès à la cuve lors des manutentions au pont.

Le capotage, dont les rebords supérieurs de la cuve servent de rails, s'est constitué par une armature métallique légère habillée par une toile anti-acide.

Les vapeurs nocives sont évacuées par une extraction mécanique ( $5\,000\text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$ ) placée à une extrémité de la cuve, une entrée d'air volontaire étant aménagée côté opposé pour améliorer le balayage permanent du volume ainsi capoté. A noter que la manutention des cuves est assurée à l'aide de ponts roulants équipant le hall de décapage.

La durée du décapage de chaque cuve situe entre 5 et 6 heures de sorte que les contraintes de manutention restent faibles en fréquence par rapport au temps de décapage.

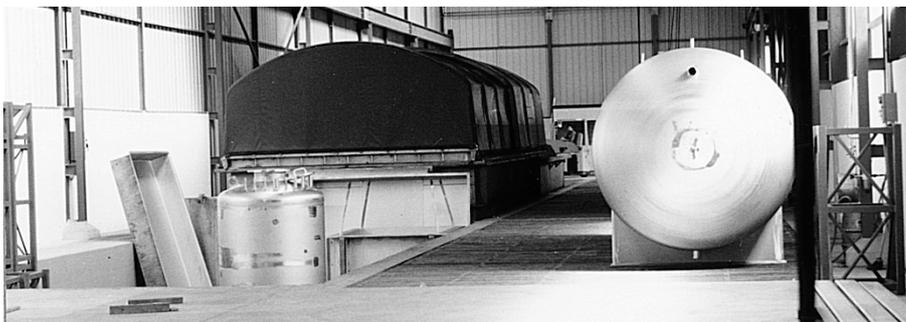


### Commentaires

Cette réalisation est particulièrement originale parce que simple et surtout efficace, alors que les solutions traditionnelles telle que l'aspiration bilatérale ou le dispositif de ventilation soufflage aspiration ne peuvent être mis en œuvre en raison de la largeur importante de la cuve et du fait que les citernes à décapier émergent du bain.

A noter que l'application du guide de ventilation dans le cas d'une cuve de décapage fluonitrique (classe A4, donc  $\text{NGR} = \text{IV}$ ) de 13 m x 4,50 m conduirait à un débit de ventilation de  $74\,000\text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$  pour une aspiration bilatérale et environ  $53\,000\text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$  pour une ventilation par aspiration soufflage.

L'intérêt de la présente réalisation (outre son efficacité) est qu'elle s'avère extrêmement économique sur le plan de la ventilation ( $5\,000\text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$ ).



## EXEMPLE DE CAPOTAGE

### EXEMPLE 3 - BAINS DE DÉCAPAGE RECOUVERTS DE CAPOTS ARTICULÉS

#### Présentation sommaire de l'atelier et de l'installation

L'atelier mesure 30 m de long, 10 m de large et 5 m de haut. Il comprend deux chaînes de décapage (titane/acier inoxydable) munies chacune d'un automate programmable.

Les cuves de 1,1 m de long par 0,8 m de large sont recouvertes de capots articulés relevables au moyen de vérins quart de tour. La fréquence d'ouverture du capot est faible (2 fois par heure en moyenne), chaque cuve est munie d'un système d'aspiration unilatérale fonctionnant en permanence.

Le bain est de classe de risque C1, ce qui correspond à NGR = II. Le débit d'aspiration mesuré est de  $500 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ . La même cuve sans capot nécessiterait un débit de  $3650 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$  calculé à partir de critères du tableau VII ( $1,15 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ ).

#### Prélèvements d'atmosphère

Ce sont des prélèvements d'ambiance devant un bain de décapage alcalin ( $115 \text{ °C}$ ) à 50 cm au-dessus du bain et à 20 cm de la cuve.



#### Commentaires

Les concentrations en soude dans l'atmosphère sont nettement inférieures à la valeur moyenne d'exposition de  $2 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ .

Cette réalisation montre que l'installation d'un capot sur une cuve permet de réduire très sensiblement le débit d'aspiration tout en conservant une excellente efficacité de captage.

Prélèvement	Durée (min)	Soude ( $\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$ )
1 <sup>er</sup> prélèvement	140	0,07
2 <sup>e</sup> prélèvement	200	0,07



## ANNEXE I

## PRINCIPAUX POLLUANTS SUSCEPTIBLES D'ÊTRE ÉMIS DANS L'ATMOSPHÈRE DES ATELIERS DE TRAITEMENT DE SURFACE

### ÉMISSION EN MARCHÉ NORMALE

	VME		VLE		Classe
	ppm	mg.m <sup>-3</sup>	ppm	mg.m <sup>-3</sup>	
Acide acétique.....			10		A
Acide chlorhydrique.....			5		A
Acide fluorhydrique (en F).....			3		A
Acide oxalique.....		1			B
Acide phosphorique.....		1		3	B
Acide sulfurique.....		1		3	B
Aldéhyde formique.....	0,5		1		A
Ammoniac.....	25		50		B
Anhydride chromique (chrome VI).....		0,05		cancérogène	A
Antimoine et ses composés (en Sb).....		0,5			B
Argent (composés solubles) (en Ag).....		0,01			A
Arsenic.....		0,2			B
Cadmium (poussières et sels) (en Cd)....		0,05			A
*Chrome III (composés inorganiques) (en Cr)...		0,5			B
*Cobalt (composés inorganiques) (en Co).....		0,02			A
Cyanures (en CN).....		5			C
Dioxyde d'azote.....			3		A
Fluorures (en F).....		2,5			C
Hydrogène antimoné.....	0,1				A
Hydrogène arsénié.....	0,05				A
Hydrogène sélénié (en Se).....	0,02				A
*Indium et ses composés (en In).....		0,1			A
Nickel (sulfate de ) (en Ni).....		0,1			A
Peroxyde d'hydrogène (eau oxygénée)...		1,5			C
Plomb et ses composés (en Pb).....		0,15			B
*Rhodium (composés solubles) (en Rh).....		0,01			A
Soude et alcalis caustique (en NaOH)....		2			C

\* valeurs ACGIH

● Pour la classification des baignis, il faut se référer à la VME, si elle existe, et à défaut à la VLE.

● 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<sup>-3</sup>

### ÉMISSION PROVENANT D'UNE RÉACTION INTEMPESTIVE

	VME (ppm)	VLE (ppm)
Cyanure d'hydrogène	2	10
Sulfure d'hydrogène	5	10
Chlore	-	1
Dioxyde de soufre	2	5

## ANNEXE II

## CLASSIFICATION DES PRINCIPAUX PROCÉDÉS UTILISÉS EN TRAITEMENTS DE SURFACE

Type de bain	Température (°C)	Constituants dangereux du bain émis en fonctionnement normal	Natures physique et chimique	Classe	NGR
<b>Dégraissage chimique</b> fer, cuivre aluminium et alliages, zinc et alliages	40-80 40-80	Soude et composés alcalins Soude et composés alcalins (1)	Aérosol alcalin Aérosol alcalin	C3-C2 (2) C3-C2 (2)	IV - III IV - III
<b>Dégraissage électrolytique</b> <i>cyanuré</i> fer, cuivre et alliages Zinc, aluminium et alliages <i>non cyanuré</i> fer, cuivre, aluminium, zamak	20 20 20-70	(1) Soude, composés alcalins, cyanures Soude, cyanures Soude, composés alcalins	Aérosol alcalin et cyanuré Aérosol alcalin et cyanuré Aérosol alcalin	C3 C3 C3-C2 (2)	IV IV IV - III
<b>Décapage du fer</b> <i>acide</i> fonte, acier moulé fer avec brasure acier inox  <i>alcalin</i> prédécapage, et décapage de la rouille	20 70-80 20-60  80-100	(1) Acide chlorhydrique Acide chlorhydrique Acides nitrique et fluorhydrique  Soude	Vapeurs acides Vapeurs acides Oxydes d'azote et vapeurs acides  Aérosol alcalin	A4 A2 A4-A3  C1	IV I IV-II  II
<b>Décapage du cuivre</b> Dérochage Prébrillantage et brillantage (bain de blanc) Décapage chromique Décapage eau oxygénée Bain de mat	20 20 20 20 20	Acide sulfurique Acides nitrique et chlorhydrique  Acides sulfurique et chromique Acide sulfurique et eau oxygénée Acides nitrique et sulfurique	Aérosol acide Oxydes d'azote et vapeurs acides  Aérosol acide et chromique Aérosol acide et oxydant Oxydes d'azote et aérosol acide	B4 A2  A4 B4 A2	IV I  IV IV I
<b>Décapage de l'aluminium</b> <i>acide</i> sulfochromique nitrique fluorhydrique  nitrique phosphorique <i>alcalin</i> alcalin satinage	20-70 20  20 35  40-60 50	(1) Acides sulfurique et chromique Acides nitrique et fluorhydrique  Acide nitrique Néant <i>(1)</i> Soude, composés alcalins Soude	Aérosol acide et chromique Oxydes d'azote et vapeurs acides  Oxydes d'azote néant  Aérosol alcalin Aérosol alcalin	A4-A2 (2) A2  A3-A2 (3) D4 (4)  C3-C2 (2) C2	IV-I I  II-I VI  IV-III III
<b>Décapage électrolytique</b> Décapage et attaque anodique	20-60	(1) Acide sulfurique	Aérosol acide	B3-B2 (2)	III-II
<b>Polissage chimique / brillantage</b> Aluminium, cuivre et alliages	55-110	Acides nitrique, acétique et phosphorique	Oxydes d'azote et vapeurs acides	A2-A1 (2)	I
<b>Polissage électrolytique / brillantage électrolytique</b> Aluminium et alliages  Argent Or Cuivre et alliages, acier inox Acier iox	90-95  20 60 60-70 110	(1) Acides phosphorique, sulfurique et chromique Cyanures et sels d'argent Cyanures Acides phosphorique, sulfurique Acide phosphorique	Aérosol acide et chromique  Aérosol cyanuré et argenté Aérosol cyanuré Aérosol acide Aérosol acide	A1  A3 - A2 (5) C1 B2 B1	I  II - I II II II
<b>Dépôts électrolytiques alcalins</b> Argentage - non cyanuré - Brillant cyanuré Cadmilage cyanuré Cuivrage - précuivrage et cuivrage cyanuré - cuivrage au pyrophosphate Dorage - bain d'or, dorure légère, alliage d'or - bain d'or sulfite Étamage Étain - cobalt - sulfate Palladiage Zingage - cyanuré (bas, moyen ou haut cyanure) - sans cyanure Zinc - nickel, zinc - fer	15-25 15-25 20  40-60 60  20-65 20-55 75-80  40-45 30-50  20 20 20	(1) Néant Néant Néant  Cyanures, composé alcalins Composés alcalins  Cyanures, composé alcalins Néant Soude, sels d'étain  Néant Composés alcalins  Cyanures, soude soude soude	Néant Néant Néant  Aérosol alcalin et cyanuré Aérosol alcalin  Aérosol alcalin et cyanuré Néant Aérosol alcalin  Néant Aérosol alcalin  Aérosol alcalin et cyanuré Aérosol alcalin Aérosol alcalin	D4 (4) D4 (4) D4 (4)  C3 C3  C4 - C3 (2) D4 (4) C2  D3 A4 (15)  C3 C3 - C2 (5) C3 - C2 (5)	VI VI VI  IV IV  VI - IV VI III  VI IV  IV IV - III IV - III

## ANNEXE II

(suite)

Type de bain	Température (°C)	Constituants dangereux du bain émis en fonctionnement normal	Natures physique et chimique	Classe	NGR
Alliages divers - Laiton - Bronze, spéculum, étain - zinc	20-50 65	Cyanures, composés alcalins Cyanures, composés alcalins	Aérosol alcalin et cyanuré Aérosol alcalin et cyanuré	C3-C2 (6) C2	IV - III III
<b>Dépôts électrolytiques acides</b>		(1)			
Cadmiage	15 – 30	Acides et sels de cadmium	Aérosol acide et cadmié	A4	IV
Chromage – chromage dur, décor, noir – décor au chrome trivalent	30 – 55 20	Acides sulfurique et chromique Acides	Aérosol acide et chromique Aérosol acide	A1 B3	I III
Cobaltage	45 – 60	Sels de cobalt	Aérosol contenant du cobalt	A3 – A2	II – I
Cuivrage – au sulfate (mat, brillant) – au fluoborate	20 20	Acide sulfurique Fluoborates	Aérosol acide Aérosol de fluoborates	B4 C3	IV IV
Dorage, or – nickel, or-cobalt – aurocyanures – auricyanures	35 40	Néant Acide sulfurique	Néant Aérosol acide	D4 (4) B4	VI IV
Etamage – au sulfate (mat, brillant) – au fluoborate – bain halogéné	20 20 – 40 65	Acide sulfurique Fluoborates Fluorures	Aérosol acide Aérosol de fluoborate Aérosol de fluorures	B4 (8) C3 C2	IV IV III
Étain nickel Étain plomb – au fluoborate  – au sulfonate	70 20 25 – 45	Halogénures de nickel Fluoborates et sels de plomb Alkyl-sulfonates de plomb	Aérosol d'halogénures de nickel Aérosol de fluoborates et contenant du plomb Aérosol contenant du plomb	A2 B3 B3	I III III
– brillant et mat Étain – cobalt – bain halogéné	20 65 – 70	Aldéhyde formique (formol) Halogénures et sels de cobalt	Vapeur de formol Aérosol d'halogénures et de sels de cobalt	A2 A2	I I
Fer – sulfate – fluoborate	30 – 70 55 – 65	Néant (7) Fluoborate	Néant Aérosol de fluoborate	D3 – D2 (2) C2	VI – V III
Indium – sulfamate  – fluoborate	20 20 – 30	Sulfamate d'indium Fluoborate d'indium	Aérosol de sulfamate d'indium Aérosol de fluoborate d'indium	A4 A3	IV II
Nickelage – bain de Wood – bain de Watt (chlorure, sulfate)	20 – 40 45 – 55	Acide chlorhydrique, sels de nickel Sulfate et chlorure de nickel	Vapeur et aérosol Aérosol de sulfate et chlorure de nickel	A4 – A3 A4 – A3 (9)	IV – II IV – II
– sulfamate – fluoborate	45 – 55 40 – 45	Sulfamate de nickel Fluoborate de nickel	Aérosol de sulfamate de nickel Aérosol de fluoborate de nickel	A4 – A3 (9) A4 – A3 (9)	IV – II IV – II
Plombage	25 – 40	Fluoborate, acide fluoborique, sels de plomb	Aérosol de fluoborate de plomb, vapeur acide	B3 (10)	III
Rhodiage – sulfate et phosphate	35 – 50	Acides et sels de rhodium (1)	Aérosol acide et rhodié	A4 (15)	IV
Ruthénium	50 – 70	Sulfamate et nitroschlorure de ruthénium	Aérosol acide	C2	III
Zingage – chlorure – fluoborate	20 25 – 40	Chlorure de zinc Fluoborate	Aérosol chlorure de zinc Aérosol de fluoborate	C3 C3	IV IV
Zinc -nickel, zinc – cobalt	30 – 45	Sels de nickel ou de cobalt	Aérosol de sels de nickel ou cobalt	A4 – A3 (5)	IV – II
<b>Dépôts chimiques</b>					
<i>Par déplacement</i>					
Argentage sur cuivre et alliages – bain cyanuré	20 – 80	Soude, cyanures	Aérosol alcalin et cyanuré	C3	IV
Cuivrage sur fer (bain acide)	20	Néant	Néant	D4 (4)	VI
Zincate sur aluminium et alliages	25 – 35	Soude, cyanures	Aérosol alcalin et cyanuré	C4	VI
Zinc – nickel sur aluminium – bain cyanuré – bain au fluoborate	20 25	Soude, cyanures Néant	Aérosol alcalin et cyanuré Néant	C4 D4 (4)	VI VI
<i>Par contact</i>					
Etamage sur cuivre	80	Néant (7)	Néant	D2	V
<i>Par réduction</i>					
Cuivrage	20	Aldéhyde formique (formol) (1)	Vapeur de formol	A3	II
Dorage (bain cyanuré)	80 – 90	Néant (1) (7)	Néant	D1	V

## ANNEXE II

(suite)

Type de bain	Température (°C)	Constituants dangereux du bain émis en fonctionnement normal	Natures physique et chimique	Classe	NGR
Nickelage		(1)			
– bain acide nickel – phosphore (Kanigen)	85 – 95	Sels de nickel	Aérosol acide, sels de nickel	A3	II
– bain alcalin nickel – bore	40 – 98	Sels de nickel, composés alcalins	Aérosol alcalin, sels de nickel	A4 – A3 (2)	IV – II
<b>Conversions chimiques</b>					
<i>Chromatation</i>					
Aluminium (Alodine)	20	Néant (11)	Néant	D4 (4)	VI
Argent	20	Néant	Néant	D4 (4)	VI
Cadmium	20	Néant	Néant	D4 (4)	VI
Cuivre	20	Acides sulfurique et chromique	Aérosol acide et chromique	A4	IV
Étain	80	Néant (7)	Néant	D2	V
Magnésium (mordançage)					
– bain acide	20	Acide nitrique	Oxydes d'azote	A3	II
– bain neutre	90	Néant (7)	Néant	D1	V
– bain basique	100	Néant (7)	Néant	D1	V
Zinc	20	Néant (7)	Néant	D4 (4)	VI
<i>Passivation chromique</i>					
Irisée sur cadmium et zinc	20	Néant	Néant	D4 (4)	VI
Verte sur zinc et kaki sur cadmium	20	Néant	Néant	D4 (4)	VI
Noire sur zinc	20	Néant	Néant	D4 (4)	VI
Bleue, jaune	20	Néant	Néant	D4 (4)	VI
<i>Acier inox</i>		(1)			
– bain nitrique	20	Acide nitrique	Oxydes d'azote	A4	IV
– bain sulfochromique	30 – 60	Acides sulfurique et chromique	Aérosol acide et chromique	A4 – A3 (2)	IV – II
<i>Oxydation</i>					
Aluminium et alliages	20	Néant	Néant	D4 (4)	VI
Fer et acier (brunissage et bronzage)	120 – 130	Soude	Aérosol alcalin	C1 (12)	II
<i>Pièces anodisées</i>					
– colmatage	90 – 100	Néant (7)	Néant	D1	V
– coloration	20 – 40	Néant	Néant	D4 (4)	VI
<i>Phosphatation</i>		(1)			
Aluminium	50	Néant (7) (11)	Néant	D3	VI
Fer, zinc	50 – 80	Néant (7) (13)	Néant	D3 – D2 (2)	VI – V
<b>Conversions électrolytiques</b>					
Aluminium et alliages		(1)			
– anodisation sulfurique	20	Acide sulfurique	Aérosol acide	B4	IV
– anodisation chromique (procédé Bengough)	40	Acide chromique	Aérosol chromique	A3	II
– anodisation oxalique (procédé Ematal)	55	oxalates	Vapeurs d'oxalates	B3	III
<b>Démétallisation chimique</b>					
Métaux divers sur aluminium et plastique ABS	20	Acide nitrique	Oxydes d'azote	A2	I
Cadmium et zinc sur acier et fonte ; chrome sur fer	20	Acide chlorhydrique	Vapeur acide	A3	II
Cadmium sur fer et acier					
– procédé au nitrate	20	Néant	Néant	D4 (4)	VI
– procédé au persulfate et ammoniac	20	Ammoniac	gaz	B3	III
Cadmium et étain sur acier ; laiton sur cuivre ; zinc et cadmium sur fonte	20	Acide chlorhydrique	Vapeur acide	A2	I
Cuivre et laiton sur fer et plomb	20 – 50	Acides sulfurique et chromique	Aérosol acide et chromique	A3 – A2 (2)	II – I
Cuivre et laiton sur acier	20 – 70	Composés alcalins et cyanures	Aérosol alcalin et cyanuré	C3 – C2 (2)	IV – III
Argent sur cuivre, laiton, maillechort	80	Acides sulfurique et nitrique	Oxydes d'azote et aérosol acide	A1	I

## ANNEXE II

(suite)

Type de bain	Température (°C)	Constituants dangereux du bain émis en fonctionnement normal	Natures physique et chimique	Classe	NGR
Etain sur cuivre et laiton – bain acétique – bain chlorhydrique – bain phosphorique Plomb sur acier	20 20 – 40 50 – 60 20	Acide acétique Acide chlorhydrique Néant (7) Acide acétique et eau oxygénée, sels de plomb	Vapeurs acides Vapeurs acides Néant Aérosols acides et oxydants	A3 A3 – A2 (2) D2 A2	II II – I V I
Or et argent sur cuivre et alliages Etain et zinc sur fer Nickel sur magnésium	20 100 20	Cyanures et eau oxygénée Soude Acide fluorhydrique	Aérosol alcalin et cyanuré Aérosol alcalin Acide fluorhydrique gazeux	C2 C1 A2	III II I
<b>Démétallisation électrolytique</b> Nickel sur acier (bain au nitrate)	20	(1) Nitrate de sodium, sels de nickel	Aérosol oxydant contenant sels de nickel	A3	II
Cuivre, laiton sur acier (bain au nitrate)	20	Nitrate de sodium	Aérosol oxydant	C3	IV
Nickel sur cuivre, laiton et acier ; étain-nickel sur fer, acier	20	Acide sulfurique	Aérosol acide	A3	II
Nickel sur zamak, zinc et alliages	50	Acide sulfurique	Aérosol acide	A2	I
Cuivre, laiton sur zinc et alliages	50	Acide sulfurique	Aérosol acide	B2	II
Cadmium, argent sur acier, fer, nickel	20 – 50	Soude, composés cyanurés et sels de cadmium ou d'argent	Aérosol alcalin, cyanuré et sels de métaux	A3 – A2 (2)	II – I
Cuivre, laiton, or, zinc sur acier	20 – 50	Soude, composés cyanurés	Aérosol alcalin et cyanuré	C3 – C2 (2)	IV – III
Plomb sur acier	40 – 80	Soude et sels de plomb	Aérosol alcalin et sels de plomb	A2 – A1 (2)	I
Etain sur acier et cuivre	40 – 80	Soude	Aérosol alcalin	C2 – C1 (2)	III – II
Chrome sur nickel, acier, alliages de cuivre	20 – 40	Soude et sels de chrome	Aérosol alcalin et sels de chrome	A3 – A2 (2)	II – I
<b>Décoloration et démontage des couches anodisées sur aluminium</b> <i>Décoloration sans démontage</i> – bain nitrique – bain sulfurique <i>Démontage</i> – bain alcalin – bain acide	20 – 30 30 40 – 70 90 – 100	Acide nitrique Acide sulfurique Soude Acides phosphorique et chromique (7)	Oxydes d'azote Néant Aérosol alcalin Aérosol phosphorique et chromique	A4 – A3 (2) D4 (4) C3 – C2 (2) A4 (14) (15)	IV – II VI IV – III IV

- (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) Par convention, une émission nulle correspond à la classe de risque D4 donc au NGR VI.  
(5) L'émission est fonction de la densité de courant.  
(6) C3 : laiton décor basse température ; C2 : dépôt épais de laiton effectué à 50°C.  
(7) Emission 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 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.