

## La compensation contrôlée d'une installation de ventilation

Prévoir, au cahier des charges d'une installation de ventilation industrielle, un dispositif mécanique d'introduction d'air neuf est nécessaire pour assurer son bon fonctionnement.

Les maîtres d'ouvrage, les prescripteurs et les concepteurs trouveront dans cette fiche les éléments de réflexion qui les aideront au choix de la meilleure solution technique.



Une gaine diffusante, placée au plafond, assure la compensation d'air

Sté Houssard, photo Ouvray, Avranches

L'assainissement de l'air au poste de travail doit se baser en premier lieu sur une **réduction** de l'émission des substances dangereuses, par une modification du procédé industriel, ou par l'utilisation de produits de substitution moins toxiques.

Lorsque cette stratégie n'est pas applicable, un système de captage doit être placé au plus près des sources. Ce système devra alors être proprement alimenté en air de compensation. C'est un gage de bon fonctionnement des installations de ventilation, mais c'est aussi une exigence réglementaire.

conçus et disposés de façon à ne pas réduire l'efficacité des systèmes de captage (*voir l'article R. 232-5-7 du code du travail*).

Les dispositifs de compensation de l'air extrait par un captage localisé sont souvent mal étudiés ou oubliés ; il en résulte une perte d'efficacité des installations, ainsi qu'une gêne pour le personnel, rappelle la *circulaire du 9 mai 1985*.

### QU'APPELLE-T-ON COMPENSATION ?

L'installation de ventilation a pour but de maintenir la qualité de l'air autour d'un poste de travail par extraction de l'air pollué. La compensation est le phénomène d'appel d'air qui en résulte. Elle peut être anarchique (introduction de l'air par le moindre orifice existant) ou contrôlée, comme recommandé dans cette fiche.

### QUE DIT LA RÉGLEMENTATION ?

Les installations de captage et de ventilation doivent être réalisées de telle sorte que les concentrations dans l'atmosphère ne soient dangereuses en aucun point pour la santé et la sécurité des travailleurs et qu'elles restent inférieures aux valeurs limites fixées à *l'article R. 232-5-5 du code du travail*.

Les dispositifs d'entrée d'air compensant les volumes d'air extraits doivent être

### POURQUOI UN DISPOSITIF DE COMPENSATION ?

**Sans dispositif de compensation contrôlée**, il y a **réduction** des performances de l'installation de **captage**.

Par exemple, l'état de l'art actuel ne permet d'assurer le bon fonctionnement d'une cabine ouverte que si la vitesse minimale de l'air à l'entrée est de 0,5 mètre par seconde (m/s).

Le tableau I montre que cette vitesse n'est pas obtenue sans système de compensation.

**Tableau I**  
Mesure de vitesse et de débit d'air à l'entrée d'une cabine de peinture AVEC et SANS compensation (sur site, CRAM de Nantes)

	SANS	AVEC
Vitesse d'air	0,28 m.s <sup>-1</sup>	0,52 m.s <sup>-1</sup>
Débit d'air	4000 m <sup>3</sup> .h <sup>-1</sup>	7500 m <sup>3</sup> .h <sup>-1</sup>

### Sans dispositif de compensation contrôlée

L'introduction de l'air se fait par des ouvertures permanentes ou occasionnelles. Suivant les conditions météorologiques, cela peut induire de nombreux inconvénients :

- ▶ une pollution de l'atelier par contamination extérieure,
- ▶ un inconfort pour le personnel (air froid en période hivernale, courants d'air...),
- ▶ une perturbation du captage, avec dispersion des polluants au poste de travail,
- ▶ mais aussi une dégradation de la qualité du produit (ex. : présence de poussières en traitement de surface ou en peinture ; gradient de température indésirable en fabrication de polyester...), donc une répercussion sur les coûts de production.

### Avec dispositif de compensation contrôlée (fig. 1)

La compensation contrôlée se distingue par un choix adapté des emplacements des introductions d'air, par une meilleure maîtrise de la température de l'air et du débit de compensation, donc de la vitesse de l'air et des dimensions des introductions. **La ventilation mécanique constitue donc le moyen le plus sûr** d'obtenir un système de compensation préservant à la fois la santé ou le confort du personnel, et la qualité des produits fabriqués.

Fig. 1. Les avantages d'une compensation contrôlée

## QUELS CRITÈRES RESPECTER POUR LES LOCAUX À POLLUTION SPÉCIFIQUE ?

### 1. Le débit du système de compensation doit être égal au débit global extrait

Cependant, certains procédés requièrent des locaux en surpression ou en dépression. Dans ce cas, le débit de compensation doit être respectivement légèrement supérieur ou inférieur pour respecter ces contraintes.

### 2. Le système de diffusion de l'air doit être choisi de façon à :

▶ **assurer le confort des opérateurs**, en application de la norme ISO 7730, avec au minimum le respect d'un couple (vitesse, température) assurant un indice PMV <sup>(1)</sup> compris entre - 0,5 et + 0,5, de façon à satisfaire globalement du point de vue thermique 90 % des occupants.

▶ **éviter la perturbation des captages localisés supposés efficaces.**

Pour des captages sensibles aux courants d'air (captages à induction), il faut qu'au poste de travail, la vitesse résiduelle (V<sub>r</sub>) d'air induite par la compensation soit nettement inférieure à la vitesse de captage (V<sub>c</sub>).

### ▶ respecter le confort acoustique

L'installation ne devrait pas majorer le niveau sonore ambiant de plus de 2dB(A), sauf si elle n'engendre pas un niveau sonore supérieur à 50 dB(A), mesuré aux postes de travail les plus exposés.

## COMMENT CHOISIR LE BON DISPOSITIF ?

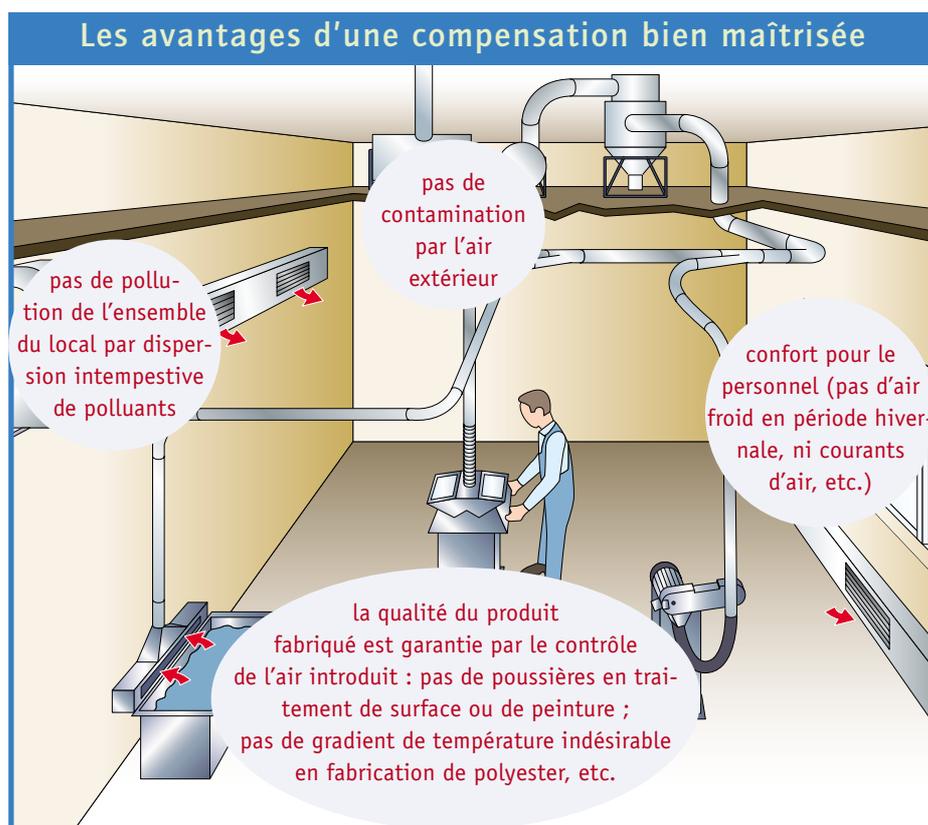
La figure 2 présente une démarche de choix d'une installation de ventilation et du système de compensation correspondant.

### Dans le cas de capteurs inducteurs

Le choix du dispositif mécanique le mieux adapté repose sur une bonne estimation de la vitesse d'air résiduelle au poste de travail qui sera induite.

▶ La vitesse résiduelle au poste de travail induite par un système de compensation peut être estimée à partir de catalogues fournisseurs.

<sup>(1)</sup> L'indice PMV représente l'avis moyen d'un groupe important de personnes, exprimant un vote de sensation thermique, en se référant à une échelle à 7 niveaux. A un PMV de - 3 correspond une sensation de froid, + 3 indique chaud ; la sensation de neutralité thermique donne un PMV de 0. Cet indice peut être calculé à partir de la connaissance de l'activité des occupants, de l'isolation thermique procurée par leurs vêtements, et des paramètres physiques de l'environnement (température de l'air, température moyenne de rayonnement, vitesse et humidité de l'air).



**Choisir la solution technique adaptée au processus**

**Appliquer des critères de confort du personnel et d'acoustique**

**Sélectionner le dispositif de compensation en tenant compte de critères supplémentaires**

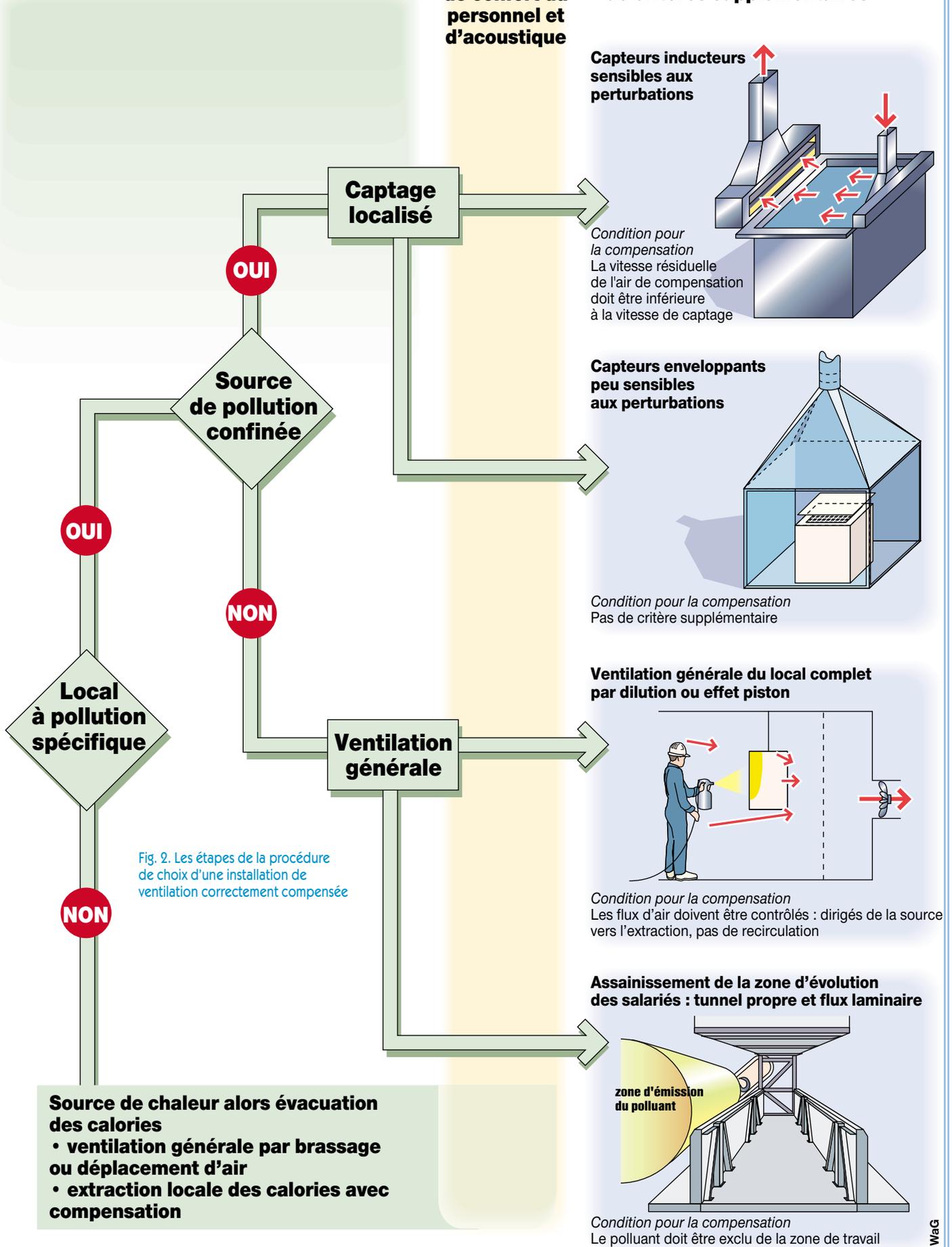


Fig. 2. Les étapes de la procédure de choix d'une installation de ventilation correctement compensée

On peut aussi l'estimer en approximant les dispositifs de soufflage par des jets et en utilisant les lois de décroissance correspondantes (cf. exemple ci contre).

### La simulation numérique

La simulation numérique (cf. fig. 3) des écoulements permet d'évaluer l'ensemble de l'installation, captages et système de com-

pensation. Cette technique permet ensuite la vérification des critères aérauliques : confort, efficacité de captage, organisation des flux d'air.

Elle nécessite cependant, en données d'entrée, l'obtention des caractéristiques des systèmes utilisés : position des diffuseurs dans le local et vitesses d'air à la sortie de ces mêmes diffuseurs, caractéristiques géométriques et aérauliques des systèmes de captage...

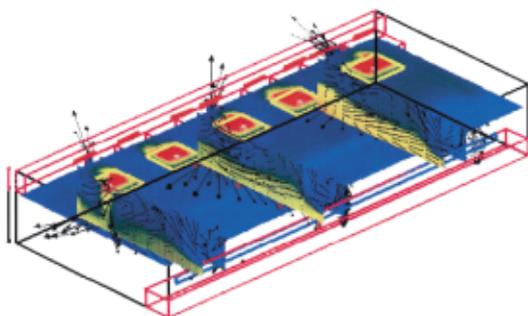
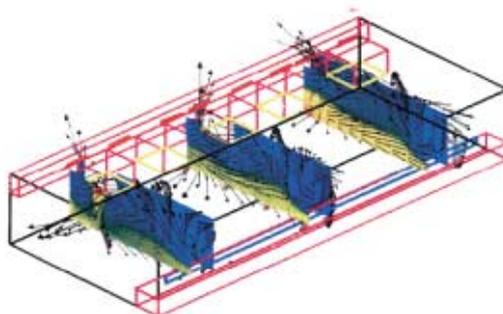


Fig. 3. Simulation numérique



### EXEMPLE

Nous reprenons la cabine ouverte citée dans le tableau I (cf. p. 2).

Le débit est de 7 500 m<sup>3</sup>/h.

Le système de compensation comprend 8 bouches de dimensions h = 0,20 m et l = 1 m placées à une distance de 8 m de l'ouverture de la cabine.

En première approximation, chaque bouche produit un jet tridimensionnel qui peut être représenté, dans sa zone développée, par un jet axisymétrique.

En utilisant la relation de décroissance de Rajaratnam (1), on obtient :

$$V_x/V_0 = 6,3 / (x/D)$$

$V_x$  = vitesse maximale à la distance x de l'origine du jet

$V_0$  = vitesse maximale au point d'origine

x = distance

D = diamètre de la bouche

Le diamètre équivalent D d'une bouche rectangulaire de 0,20 x 1 m<sup>2</sup>, est de 0,5 m. A une distance de 8 m de la bouche de soufflage, la vitesse résiduelle, estimée à partir de la formule de Rajaratnam, est de 0,5 m/s. Ces mêmes résultats ont été confirmés par simulation numérique.

(1) RAJARATNAM N. - Turbulent Jets (Developments in Water Science 5). Amsterdam, Elsevier Scientific Publishing, 1976, 304 p.

## LA COMPENSATION CONTRÔLÉE D'UNE INSTALLATION DE VENTILATION

### Pour en savoir plus

#### BIBLIOGRAPHIE

GUIDE PRATIQUE DE VENTILATION 0 - Principes généraux de ventilation. Paris, INRS, 1989, ED 695, p.

GUIDE PRATIQUE DE VENTILATION 1 - Assainissement de l'air des locaux de travail. Paris, INRS, 1989, ED 657, p.

FONTAINE J.R., BRACONNIER R., RAPP R., AUBERTIN G. - EOL : un logiciel de ventilation prévisionnelle applicable à l'assainissement de l'air des locaux de travail. *Cahiers de Notes Documentaires - Hygiène et Sécurité du Travail*, 1996, 165, pp. 409-424. (TAP ND 2029)

FONTAINE J.R., RAPP R. - Systèmes de compensation d'air. Contribution à leur conception pour les locaux de travail. *Cahiers de Notes Documentaires - Hygiène et Sécurité du Travail*, 1999, 177, pp. 31-47.



#### RÈGLEMENTATION

• art. R. 235-2-8 du code du travail Code du travail.

Chapitre V - dispositions

applicables aux opérations de construction dans l'intérêt de l'hygiène et de la sécurité du travail - section II Règles d'hygiène.

• Arrêté du 8 octobre relatif au contrôle périodique des installations d'aération et d'assainissement des locaux de travail (J.O. du 22 octobre 1987)

• Arrêté du 9 octobre 1987 modifié concernant le contrôle de l'aération et de l'assainissement des locaux de travail pouvant être prescrit par l'inspecteur du travail.1363

• art. R. 232-5-7 du code du travail

• circulaire du 9 mai 1985

#### AUTEURS

JEAN RAYMOND FONTAINE ET ROLAND RAPP

ONT COLLABORÉ À CETTE FICHE

pour l'INFOGRAPHIE : WAG.

#### CONTACTS

SERVICE PRÉVENTION DE VOTRE CRAM, s'adresser aux personnels chargés de la conception des lieux de travail.

INRS : tél. 01 40 44 30 00  
web : www.inrs.fr