

## Les conduits textiles perforés bien adaptés à la diffusion d'air dans les locaux de grand volume

Le groupe PSA (Peugeot Citroën) utilise depuis plusieurs années, pour le chauffage de ses sites industriels, les conduits perforés à haute induction Mix-Ind. Cette technique de diffusion de l'air utilise l'air de soufflage pour mettre en mouvement l'air ambiant à très basse vitesse. L'air ambiant, induit autour du conduit, est mélangé à l'air de soufflage, ce qui permet d'homogénéiser très rapidement la température de l'air à l'intérieur du local.



L'atelier de "ferrage" du constructeur automobile est chauffé par des centrales make-up en tout air neuf. L'air est diffusé par un réseau de 449 m de conduits textiles de forme tronconique. Ces conduits jouent un rôle actif en permettant notamment d'éviter les courants d'air et les phénomènes de stratification de températures.

L'usine Sevelnord de Valenciennes (59) produit des véhicules monospaces et utilitaires pour PSA (Peugeot Citroën). L'atelier de "ferrage" de 5000 m<sup>2</sup>, où sont réalisées les opérations d'assemblage et de soudure, a été récemment agrandi sur une surface de 25 000 m<sup>2</sup> représentant un volume d'environ 300 000 m<sup>3</sup> (hauteur

Les rangées de trous les plus petits permettent de déterminer la quantité d'air induit mélangé à l'air soufflé dont la direction et la vitesse sont définies par les orifices situés sur la rangée centrale.



du local oscillant entre 8 et 12 m) dont la mise en production est prévue pour le début 2006.

Le chauffage du local est assuré par un dispositif de diffusion d'air composé de conduits textiles pourvus de perforations dont le calibrage permet à la fois d'assurer le recyclage, par induction, d'une partie de l'air ambiant et le soufflage de l'air entrant suivant des caractéristiques très précises en termes de direction et de vitesse. Cette technologie, développée depuis 1981 par la société italienne SINTRA sous la marque Mix-Ind, est particulièrement adaptée aux locaux de grand volume mais peut également être utilisée pour tout type de local, tant dans l'industrie que dans le tertiaire. PSA l'utilise d'ailleurs depuis 1991 dans plusieurs de ses sites industriels. La partie ancienne du bâtiment de Valenciennes est ainsi partiel-

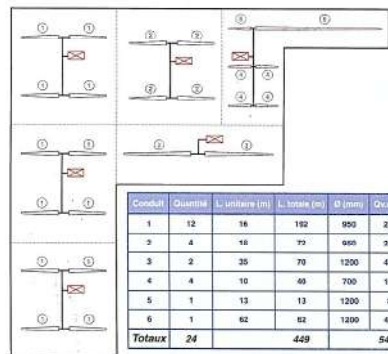
lement équipée avec ce procédé.

L'air de soufflage sort par les trous à haute vitesse (jusqu'à 22 m/s) et crée des micro-turbulences qui provoquent une

**Tout l'air du local est mis en mouvement à très basse vitesse, homogénéisant ainsi toutes les températures, tant verticalement qu'horizontalement.**

importante dépression à proximité de l'orifice. Cette dépression aspire par induction, tout autour de la partie extérieure du conduit, un volume d'air ambiant 10 à 30 fois supérieur au débit d'air soufflé. Ces micro-turbulences mélangent la petite quantité d'air soufflé à cette grande quantité d'air ambiant, permettant ainsi d'atteindre une température quasi homogène et constante à moins d'un mètre du conduit, explique le fabricant.

Tout l'air du local est mis en mouvement à très basse vitesse, homogénéisant ainsi toutes les températures, tant verticalement qu'horizontalement. Ce mode de diffusion évite ainsi les phénomènes de stratification et les courants d'air.



Conduit	Quantité	L. unitaire (m)	L. totale (m)	Ø (mm)	Qvol (m³/h)
1	12	16	192	950	22 800
2	4	16	70	950	92 600
3	2	20	70	1200	45 000
4	4	10	40	700	10 285
5	1	13	13	1200	8287
6	1	62	62	1200	40 773
<b>Totaux</b>	<b>24</b>		<b>449</b>		<b>540 000</b>

"Ce procédé permet d'homogénéiser la température d'un local de 8000 m<sup>3</sup> en 3 à 4 minutes", assure Marco ZAMBOLIN, Pdg de SINTRA.

### Des conduits adaptés à chaque installation

Les perforations constituent les éléments essentiels du conduit et le moteur de l'installation.

Le conduit présente deux types de trous :  
 ● trous "d'induction" : les plus petits, ils déterminent la quantité d'air ambiant induit autour du conduit,  
 ● trous "de direction" : les plus grands, ils déterminent la direction, la longueur et la vitesse résiduelle de la masse d'air ambiant à transporter.

Les principaux paramètres qui déterminent la perforation de chaque conduit (diamètre, distances entre les trous et entre les lignes de trous, nombre de lignes de trous d'induction, angle de soufflage...) sont calculés à partir des données techniques spécifiques à chaque projet, en fonction du type d'installation, selon un modèle mathématique développé et exploité par SINTRA.

La vitesse initiale de l'air dans le conduit peut être très élevée (elle dépend du diamètre) tout en maintenant une perte de charge linéaire généralement comprise entre 20 et 70 Pa pour un conduit de 3 à 200 m de long.

Par contre, la perte de charge singulière des perforations reste en général comprise

entre 50 Pa pour la basse induction et jusqu'à 250 Pa pour la haute induction, et 450 Pa en conditions extrêmes.

Vu que la longueur du conduit a très peu d'importance sur la perte de charge totale, en phase de chiffrage, le fabricant conseille de prévoir environ 250 Pa de pression statique disponible pour tout type d'installation, indépendamment de la longueur et du diamètre des conduits.

### Trois solutions ont été comparées

Le bureau d'études BOPLAN, en charge de la maîtrise d'œuvre de tous les lots techniques

du nouveau bâtiment, a tout de suite privilégié des conduits textiles, et non des conduits métalliques. "Nous avons d'abord proposé une solution classique avec des conduits textiles cylindriques d'une portée de 10 m. SINTRA nous a aidé à optimiser l'installation et à réduire le nombre de ceux-ci", explique Gilles de LATAILLADE, directeur du développement du bureau d'études.

La solution de base nécessitait l'installation de 37 conduits (7 tailles différentes de type CM1), soit une longueur totale de 1737 m pour un débit de 400 000 m<sup>3</sup>/h (taux de brassage d'environ 1,3 vol/h). Le montant de la fourniture s'élevait à 170 826 euros HT.

Le fabricant italien a conseillé l'utilisation de conduits de forme tronconique. Cela permettait d'en réduire le nombre (14 conduits de type X-CM1p de 5 tailles différentes), soit une longueur de 585 m seulement (et trois fois moins que la solution précédente, avec un débit pourtant plus important (540 000 m<sup>3</sup>/h, taux de brassage de 1,8 vol/h)). L'investissement en fourniture était également divisé par deux (84 413 euros HT).

L'industriel a proposé une troisième solution (figure 1), en optimisant la disposition des conduits dans le bâtiment. C'est cette nouvelle configuration qui a finalement été retenue. "Les conduits sont alimentés par leur milieu. Ils sont plus courts et leur diamètre est réduit", explique Marco ZAMBOLIN. Cette solution utilise un plus grand nombre de conduits textiles (24 de 6 types différents) mais leur longueur totale est



Les conduits sont alimentés par six centrales make-up de 90 000 m³/h fonctionnant en tout air neuf, installées sous la toiture, dans la charpente.

plus faible (449 m), pour un débit total identique (540 000 m<sup>3</sup>/h) et un coût moindre (61 321 euros HT).

### 15 à 40 % d'économies à l'investissement

Si pour un même diamètre on compare le prix au mètre linéaire avec un conduit spiralé en tôle galvanisée, la gaine Mix-Ind devient généralement plus compétitive au-delà d'un mètre de diamètre, estime le fabricant. Mais ce type de comparaison n'est pas significatif, ajoute-t-il, dans la mesure où elle ne tient pas compte qu'avec le conduit textile :

- le débit d'air est double pour un même diamètre,
- il faut moins de mètres linéaires par conduit (entraîne jusqu'à 70 m entre conduits),
- l'isolation n'est plus nécessaire,
- aucun réseau de reprise n'est nécessaire (il suffit d'une seule grille centralisée, qui est en général placée en partie haute du bâtiment afin de réduire le risque de courants d'air au sol),
- le transport (un conduit de 100 m de long, avec 800 mm de diamètre, occupe

Lorsque le conduit ne fonctionne pas, il est plat en position verticale. La hauteur est égale à la moitié de sa circonférence.



## Conduits perforés à induction cylindriques ou tronconiques

Les conduits perforés à induction peuvent être cylindriques ou tronconiques.

Les premiers se caractérisent notamment par les points suivants (schéma A) :

► La vitesse de l'air tolérée à l'entrée est très élevée, généralement comprise entre 10 et 22 m/sec.

► L'inclinaison des jets d'air en sortie de trous, en particulier en début de conduit, permet de "pousser l'air ambiant" de la partie haute du local vers le fond du conduit, pour le récupérer dans la partie basse. Cela favorise le brassage de l'air ambiant non seulement vers le

bas, mais aussi dans le sens de la longueur du conduit.

L'augmentation de la vitesse dans le conduit augmente l'angle de soufflage. Cet angle dépend en effet du rapport entre la vitesse dans le conduit et la vitesse de sortie de l'air par les orifices. La performance du conduit cylindrique sera plus importante en début, où la vitesse de l'air est la plus importante.

Comme les pertes de charge linéaires de ce type de conduits sont très faibles, dans la plupart des cas la pression statique est plus forte en bout de conduit. L'augmentation du débit de soufflage en bout de gaine se

traduit par une augmentation de la vitesse de l'air en sortie des trous. Cela signifie une forte augmentation de l'air induit, indique le fabricant. Ce phénomène peut créer des risques de courants d'air dans la zone sous la partie terminale du conduit et donc réduire l'homogénéité des températures dans le local.

Il est néanmoins possible de remédier à ces phénomènes. Il faut pour cela augmenter le nombre de conduits afin de réduire le débit au mètre linéaire, mais également et surtout augmenter le diamètre des conduits afin de réduire la pression dynamique.

Les conduits perforés à induction de forme tronconique, qui constituent la dernière génération de produits mise sur le marché par SINTRA, permettent également de résoudre ces problèmes (schéma B). Plus performants que les conduits cylindriques, ils se caractérisent par les points suivants :

- La section du conduit diminue sur la longueur, ce qui permet une récupération progressive de la pression dynamique et de conserver l'angle d'inclinaison des jets d'air en sortie des trous jusqu'à l'extrémité du conduit.
- La possibilité de dimensionner le diamètre de l'extrémité du conduit permet de décider en phase de projet la répartition du débit au mètre linéaire sur la longueur totale.

La récupération progressive de la pression dynamique est proportionnelle à la variation de la vitesse à l'intérieur de la gaine. Le diamètre final est dimensionné en fonction des caractéristiques de chaque installation et sa réduction permet de faire augmenter plus ou moins la vitesse de l'air dans la première partie du conduit pour la réduire après dans sa deuxième partie.

En fonction du risque de courants d'air de chaque installation, on pourra donc déplacer le point de débit unitaire maximal vers le début ou vers l'extrémité du conduit.

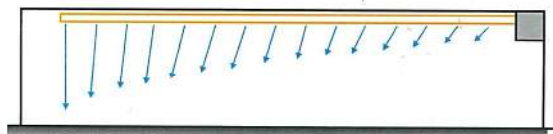


Schéma A.

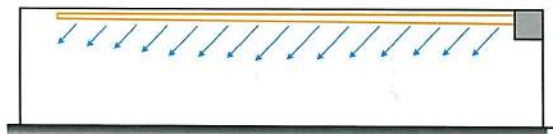


Schéma B.

un volume de moins d'un mètre cube) et le montage coûte beaucoup moins cher, les diffuseurs d'air ne sont plus nécessaires.

Selon le fabricant, en comparant une installation de ventilation de ce type à une installation traditionnelle, on peut en général réaliser des économies à l'investissement de 5 à 15 % pour des petites installations, et jusqu'à 40 % pour des installations de grand volume avec une meilleure qualité de diffusion de l'air.

### Un coût d'exploitation également réduit

La ventilation par pulsion de l'air ambiant présente d'autres avantages par rapport

aux procédés classiques, autres que le coût d'investissement, explique le fabricant.

Le coût d'exploitation est notamment réduit. La haute induction permet en effet d'importantes économies d'énergie en réduisant au minimum la stratification de la chaleur et le temps de mise à régime du bâtiment. "Dans le cas de cette installation, la stratification n'excède pas 0,8 °C sur les 12 mètres de hauteur du bâtiment", précise Marco ZAMBOLIN.

Dans les installations traditionnelles, le jet d'air qui rencontre un obstacle est dévié dans une autre direction. Avec le conduit Mix-Ind, en revanche, étant donné que c'est la totalité de l'air ambiant qui se déplace, l'obstacle est contourné.

Plus généralement, le fait de pouvoir mettre en mouvement contrôlé tout l'air ambiant dans la direction voulue et bien le mélanger avec l'air de soufflage, permet une meilleure diffusion de l'air.

Bien que le conduit et les perforations soient dimensionnés pour de grandes vitesses, ce type de conduits n'entraîne pas de bruit gênant étant donné que, contrairement à la tôle, l'absence d'aspérités internes évite les turbulences et que la structure souple du tissu ne transmet pas les vibrations.

La convection continue de l'air induit sur la surface externe du conduit et son temps limité de contact empêche l'air ambiant de se refroidir au-delà du point de rosée. De cette façon, l'humidité contenue dans



l'air ambiant n'a pas le temps de se condenser sur les parois extérieures du conduit. Ce n'est pas le cas ici, mais le conduit peut donc être également utilisé pour de l'air très froid sans nécessiter une isolation.

Pour la même raison, la ventilation continue de la surface extérieure du conduit empêche la poussière de se déposer.

Enfin, ce type de diffusion offre un gain de place au sol puisque les conduits sont installés le plus haut possible, sous la toiture.

La maintenance est également facilitée... puisque aucun entretien n'est nécessaire pour conserver les performances, autre que le nettoyage des conduits ! assure Marco ZAMBOLIN. Cela représente un gain de temps important pour la société PSA qui réalise elle-même la maintenance de ses installations techniques, du fait du caractère sensible de la production.

### Installation facile et rapide

L'installation a été réalisée par la société EIMI, qui utilise des conduits Mix-Ind depuis une dizaine d'années. "La pose a

La société italienne SINTRA, basée près de Milan, a été créée en 1995 pour commercialiser les systèmes de ventilation par pulsion de l'air ambiant Mix-Ind, dont le premier brevet a été déposé en 1981 par Marco ZAMBOLIN, actuel Pdg de SINTRA. Elle compte 13 salariés en Italie et 4 en

France, où elle dispose d'une antenne commerciale, à Saint-Maur-des-Fossés, dans le Val-de-Marne.

Présente dans une vingtaine de pays, SINTRA réalise un chiffre d'affaires de 2 millions d'euros, réalisés pour 40 % en Italie, 40 % en France et 20 % dans le reste du monde.

duré trois mois, mais la mise en place des conduits en elle-même a été très rapide. L'utilisation de conduits souples nous a permis de gagner un mois par rapport à des conduits rigides en acier galvanisé", précise Tony Desprôges, chef de l'agence Nord de la société d'installation.

Les conduits ont été fixés sur des rails. Leur poids léger (5 kg/m au maximum) leur permet en effet d'être fixés sur des structures très légères et avec 6 m de distance entre deux supports. Ils ont ici été installés sous plafond, à une hauteur de 10 m (signalons qu'il est possible d'installer la gaine à partir d'une hauteur de 2 m jusqu'à 10 m sans précautions particulières, de 10 à 20 m en contrôlant la tempé-

rature maximale de soufflage et jusqu'à 40 m en utilisant des critères particuliers de régulation). L'espace entre les conduits est de 36 m.

Le choix s'est porté sur des gaines "gonflantes" de type circulaire (les moins chères et les plus faciles à installer). Le gonflage doit être progressif lorsque le ventilateur est mis en route. Lorsque le conduit ne fonctionne pas, il est plat et sa hauteur est égale à la moitié de sa circonférence.

Les réseaux de conduits sont alimentés par des centrales "make-up" fonctionnant en tout air neuf. Six centrales Babcock Wanson d'une capacité unitaire de 90 000 m<sup>3</sup>/h ont été installées sous la toiture, de manière à faciliter leur maintenance.

La température de consigne de l'ambiance a été fixée à 17 °C. La température de soufflage s'élève à 34 °C.

L'extraction d'air est assurée par des caissons (pour le process) et des tourelles d'extraction.

En hiver, le bâtiment sera maintenu en légère surpression. Les conduits souffleront 1,8 volume par heure, tandis que 1,3 vol/h seulement sera extrait par les caissons et une partie des tourelles.

En été, le bâtiment sera au contraire maintenu en légère dépression. L'ensemble des tourelles d'extraction sera mis à contribution, 2,8 vol/h seront extraits.

L'installation, gérée par GTC, a été livrée en début d'année. L'implantation des zones process n'étant pas achevée, les équipements ne seront mis en route que progressivement : une partie d'entre eux l'a été en août, le reste le sera d'ici la fin de l'année, pour une mise en production des véhicules prévue début 2006. ■

## Un grand choix de conduits textiles pour tous les cas de résistance au feu

Le conduit Mix-Ind peut être fabriqué dans environ 60 types de tissus différents, en fonction de leur résistance au feu.

Deux types de tissus ignifuges sont couramment utilisés. Mis au point après deux années de recherche, l'un est un tissu léger et résistant,

et améliore l'esthétisme.

L'autre est généralement utilisé pour les conduits de gros diamètre (> 800 mm) et dans des endroits où ceux-ci risquent d'être souvent percus. Il est constitué d'un tissu très résistant en fibre de verre enduit de PVC sur les deux côtés.

Deux tissus ininflammables sont également courants. Le premier est particulièrement adapté pour les applications

qui présentent des risques élevés d'incendie. Il résiste à des températures de 110 °C et tolère des pointes jusqu'à 150 °C. Il est constitué d'un tissu en fibre de verre revêtu des deux côtés d'un léger film de polyuréthane. Ce matériau résiste bien aux agressions chimiques.

Le deuxième est analogue au précédent mais il peut supporter des températures de 250 °C avec des pointes à 300 °C et ne produit aucune fumée toxique s'il brûle. Le tissu en fibre de verre est recouvert d'un léger film de silicone.

Pour les locaux qui ne présentent pas de risques particuliers d'incendie, le fabricant utilise généralement des conduits constitués d'un tissu en polyester enduit des deux côtés avec du PVC. Très résistants, ils supportent des températures maximales de soufflage de 55 °C, avec des pointes pouvant aller jusqu'à 70 °C.



Des conduits textiles adaptés supportent sans dommage les éventuelles étincelles provoquées par les robots de soudage automatisés.