

Maîtriser un de 1 °C sur 15 m

Dans l'usine nantaise qui produira les pièces de grande taille en composite carbone de l'Airbus A350 XWB, l'ambiance des différents halls de travail doit être parfaitement homogène. Habitué aux gaines textiles, le maître d'ouvrage a aussi installé des diffuseurs linéaires à pulsion. Les équipements thermiques sont réduits et le gradient mieux maîtrisé.

L'atelier d'usinage des pièces composite : de 114 m de long, de 64 m de large et d'une hauteur de 15 m sous toiture, ce volume est traité avec quatre centrales de traitement d'air, dont une dédiée à l'air neuf. Seuls trois diffuseurs linéaires à pulsion de 1 400 mm de diamètre et 53 m de long déversent les 150 000 m³/h et les calories pour maintenir 19 °C en hiver et ne pas dépasser 26 °C l'été. De 5 °C dans le cahier des charges, le gradient est ramené à 0,8 °C.

En passant de la technologie aluminium à celle du composite à base de fibres de carbone, l'industrie aéronautique change aussi radicalement de moyens de production. De l'usinage de pièces métalliques, on passe à l'exploitation de savoir-faire relevant des métiers du textile et de la plasturgie. Ces évolutions sont accompagnées de précautions indispensables pour garantir la qualité de fabrication des éléments et la maîtrise du matériau, que ce soit lors des opérations de fabrication ou de perçage de précision. La mise en œuvre de pièces en carbone de grande taille s'accompagne par conséquent de contraintes rigoureuses imposées aux ambiances de production.

Des tolérances thermiques précises

Dans les nouveaux locaux de 19 000 m² de l'usine Airbus de Bouguenais, près de Nantes, d'où sortira le tronçon central de voilure du fuselage du futur Airbus A350 XWB, les conditions thermiques intérieures sont précises : une température en hiver de 19 à 20 °C, une hygrométrie de 50 à 55 % ; une température maximale d'été de 26 °C et une hygrométrie de 50-55 %. À cela s'ajoute un critère de gradient de température horizontal et vertical de 5 °C

dans le volume des trois halls de près de 14 à 16 m de hauteur. Des conditions qui imposent une production de chaud et de froid importante et qui méritent l'examen de solutions sobres en énergie.

Titulaire du lot génie climatique sur ce chantier, Spie Ouest-Centre avait répondu à ce marché avec une offre classique : des centrales de traitement

d'air puissantes et une diffusion par gaines textiles classiques. Par la suite, l'entreprise est revenue vers le maître d'ouvrage avec une solution moins coûteuse en équipement - centrales de traitement d'air moins puissantes et autre technologie de diffusion -, plus sobre à l'exploitation et d'une capacité de maîtrise de l'ambiance plus fine. Désireux de

Les DLP : mettre en mouvement la totalité du volume d'air

Désormais de plus en plus appliquée en sites industriels ou commerciaux, la technique des diffuseurs linéaires à pulsion que propose l'italien Sintra a de moins en moins de mal à être admise par les prescripteurs. Un effet de la réduction des besoins énergétiques qu'elle procure et de la diffusion des connaissances aérodynamiques sur ce produit.

Sur la base de diffuseurs métalliques ou en tissu, ce concept a pour intérêt d'exploiter les capacités de l'induction autour de l'enveloppe, que ce soit par la vitesse d'air (de 6 à 30 m/s), le choix de la taille des perforations principales et secondaires permettant à l'air pulsé de se mélanger à l'air ambiant, la distance entre ces perforations, leur angle par rapport à la verticale, la hauteur de pose du diffuseur, la pression appliquée.

Autant de variables qui rendent nécessaire une mise en œuvre sur mesure de cet équipement sur chaque site.

gradient de moins de haut

valider les différences entre ces solutions, Airbus a choisi de les implanter toutes deux sur ce nouveau site.

Drapage : la technologie classique

De 90 m de long, de 64 m de large et d'une hauteur de 16 m, la première salle de cette nouvelle usine est consacrée à la première opération de production des grands éléments en composite : le drapage en forme des lés de carbone/époxy, qui seront ensuite polymérisés en autoclave. La qualité d'ambiance de cet imposant volume est assurée par six centrales de traitement d'air Trane classe C :

- quatre d'une capacité unitaire de 82 000 m³/h et d'une puissance calorifique de 474 kW et frigorifique de 191 kW ;
- deux d'une capacité unitaire de 30 000 m³/h, dédiées à l'introduction d'air neuf, et d'une puissance calorifique de 964 kW et frigorifique de 483 kW.

Pour fournir une qualité d'air de type "salle blanche" ou ISO 8 (classe 100 000), les quatre centrales Trane sont équipées de filtres G4 en entrée et F9 en sortie. En outre, pour maintenir l'hygrométrie du local, un humidificateur adiabatique par atomisation d'eau à 70 bar, procédé développé par Carel, pulvérise directement dans la veine d'air. Il est alimenté par un skid d'adoucissement et d'osmose Permo d'une capacité de 1,5 m³/h.

L'air traité est transporté par un réseau de gaines textiles ATC fixées à la charpente, à 16 m de haut. Quatre gaines non diffusantes de 1 250 mm de diamètre et d'une longueur de 18 m alimentent chacune quatre gaines diffusantes de 900 mm de diamètre et 22 m de long. Ce réseau convient pour traiter 4,5 à 5 volumes par heure. Cette solution répondant aux standards imposés par Airbus contient le gradient de température à 2 °C en tout point du volume.

Cette conception classique joue de l'effet de convection : pour atteindre un tel résultat, elle demande de limiter le Δt maximum au soufflage à 5 °C. Elle impose une reprise par un réseau de bouche au niveau du sol. En clair, elle a réclamé un équipement d'une puissance électrique de quelque 340 kW, la pose de 18 filtres de reprise au niveau du sol et 584 mètres linéaires de gaines, dont 424 de gaines textiles.

Était-il possible de faire plus sobre et plus "léger" tout en étant aussi efficace ? C'est la proposition que Franck Babu, chef de service technique du département Génie climatique et fluide de Spie Ouest-Centre, est venu apporter à Pascal Danthony, chargé d'affaires Airbus



La pose de gaines traditionnelles constitue un poste de dépenses et de travaux important. Ce mode de diffusion doit être pris en compte dans le calcul de la structure du bâtiment industriel.

pour les investissements en moyens de production.

Halls de transition et d'usinage : tout en diffuseurs à pulsion

Déjà habitués à équiper des sites tertiaires avec les diffuseurs linéaires à pulsion (DLP) Mix-Ind du fabricant italien Sintra, les ingénieurs de Spie ont étudié une variante qui repose sur des générateurs de moindre puissance et sur un principe de montage plus simple, capable de réduire encore le gradient de température. Pascal Danthony et Bernard Boudaud, responsables sur le site Airbus Nantes de la maintenance des bâtiments et de l'énergie, ont procédé à un jugement de Salomon : seuls les halls de transition des pièces produites - l'espace dit DNO (Démoulage, nettoyage des outillages) dans lequel est situé l'autoclave de "cuisson" des éléments en composite - et l'atelier d'usinage de ces pièces allaient être dotés de cette variante. Une manière pour eux de conserver une technique validée dans l'atelier de drapage - le plus sensible techniquement - et de mettre à l'épreuve une solution nouvelle dont ils étaient pourtant déjà convaincus de l'intérêt. "Nous avons remarqué le système Sintra il y a plusieurs années sur Interclima", reconnaît Bernard Boudaud. "Les

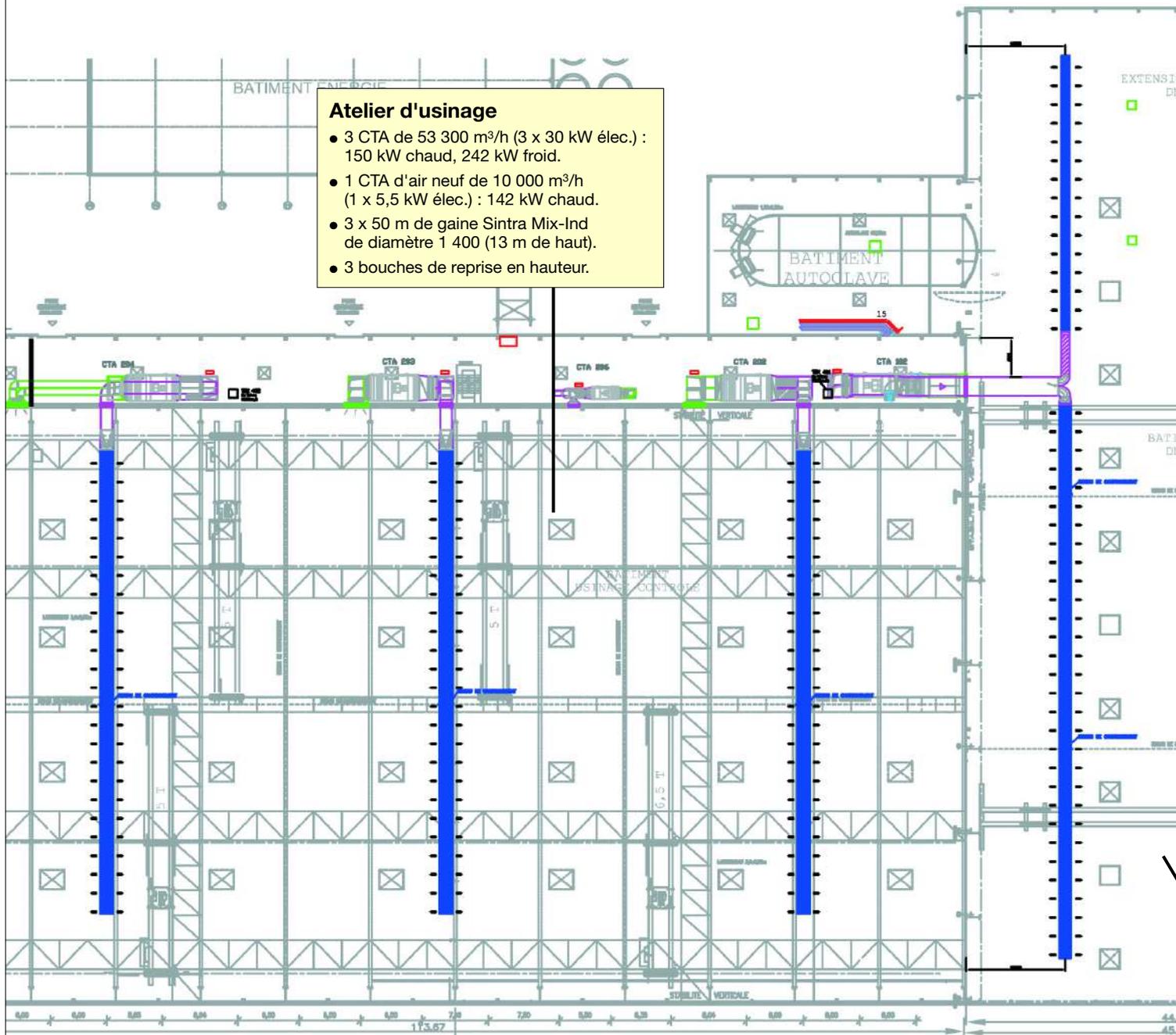
(Suite page 40)



Dans l'atelier de drapage, les centrales de traitement d'air offrent une puissance de 82 000 m³/h. Pour fournir un air sans particules dans une ambiance ISO 8 (salle blanche), les enveloppes des CTA de classe C supportent une étanchéité de 2 000 Pa.

(Suite)

Site Airbus Nantes - Unité de production Airbus A350 XWB Trois ateliers industriels à maintenir dans une ambiance homogène



Atelier d'usinage

- 3 CTA de 53 300 m³/h (3 x 30 kW élec.) : 150 kW chaud, 242 kW froid.
- 1 CTA d'air neuf de 10 000 m³/h (1 x 5,5 kW élec.) : 142 kW chaud.
- 3 x 50 m de gaine Sintra Mix-Ind de diamètre 1 400 (13 m de haut).
- 3 bouches de reprise en hauteur.

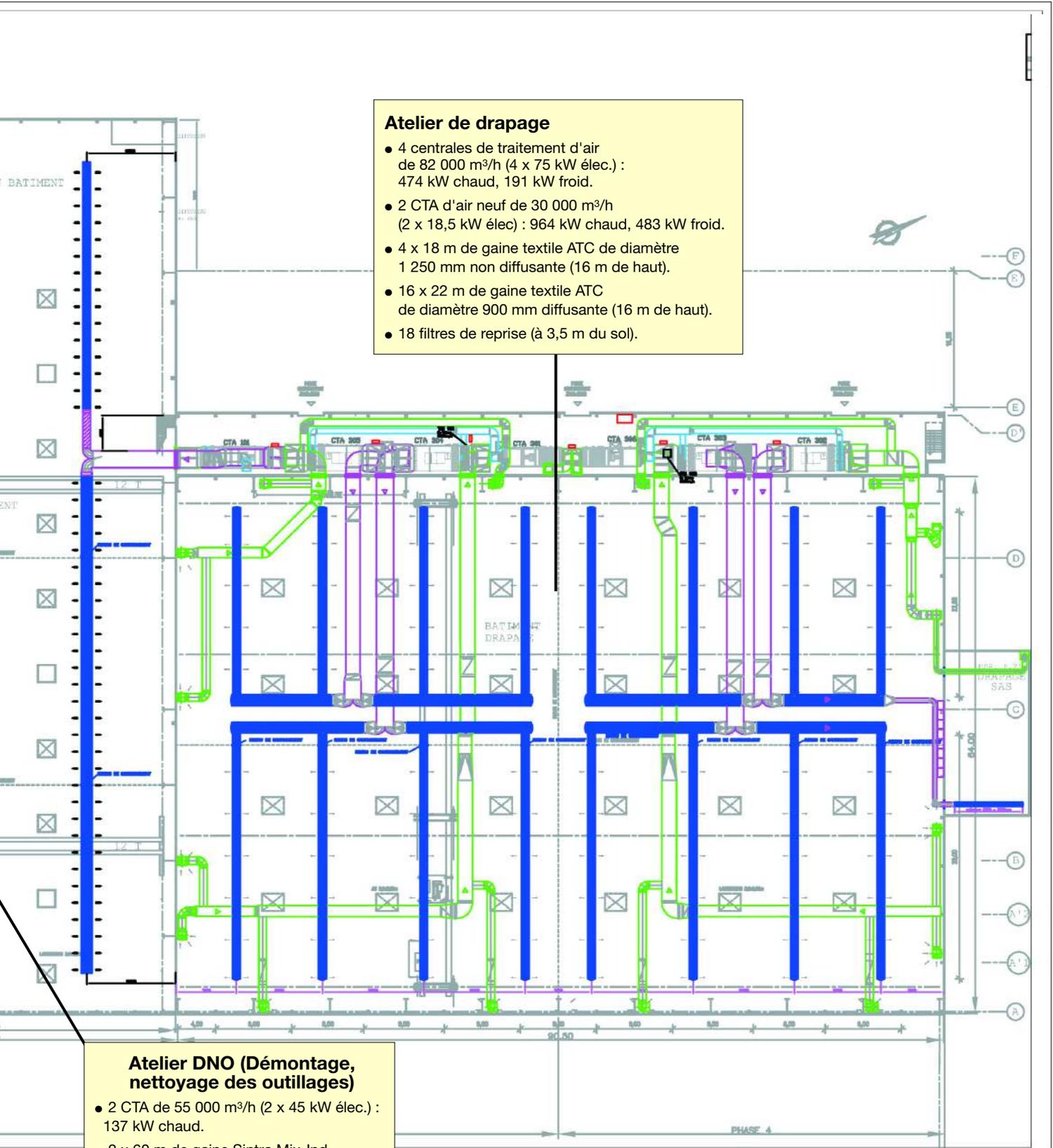
L'imposant bâtiment de quelque 250 m de long et de 100 m de large rassemble les trois premiers ateliers de production des grands éléments composites du futur Airbus A350 XWB. À droite, l'atelier de drapage des anneaux est traité de façon classique : six centrales de traitement d'air, soit une capacité de près de 390 000 m³/h et une imposante puissance thermique. L'air est diffusé par des gaines textiles perforées classiques et repris en partie basse du volume. L'espace central (autoclave) et l'atelier d'usinage (à gauche) ont été définis avec un traitement d'ambiance par diffuseurs linéaires à pulsion. L'homogénéité de brassage permet de réduire de moitié les besoins aérauliques et thermiques tout en garantissant un gradient de moins de 1 °C sur les 15 m de hauteur de bâtiment.

Atelier de drapage

- 4 centrales de traitement d'air de 82 000 m³/h (4 x 75 kW élec.) : 474 kW chaud, 191 kW froid.
- 2 CTA d'air neuf de 30 000 m³/h (2 x 18,5 kW élec.) : 964 kW chaud, 483 kW froid.
- 4 x 18 m de gaine textile ATC de diamètre 1 250 mm non diffusante (16 m de haut).
- 16 x 22 m de gaine textile ATC de diamètre 900 mm diffusante (16 m de haut).
- 18 filtres de reprise (à 3,5 m du sol).

Atelier DNO (Démontage, nettoyage des outillages)

- 2 CTA de 55 000 m³/h (2 x 45 kW élec.) : 137 kW chaud.
- 2 x 60 m de gaine Sintra Mix-Ind de diamètre 1 250 (14 m de haut).
- 2 x 30 m de gaine Sintra Mix-Ind de diamètre 900 (14 m de haut).
- 2 bouches de reprise en hauteur.



(Suite)

entreprises sélectionnées restent force de proposition de techniques innovantes, explique Pascal Danthony, sous condition qu'elles soient pérennes et qu'il ne s'agisse pas de recherche et développement. Nous avons sécurisé la chaîne thermique. À savoir : optimisation de la production d'eau chaude et de l'eau glacée, constante des points de fonctionnement des centrales de traitement de l'air et engagement du fournisseur pour le comportement de la distribution de l'air. Cette solution pourra être reconduite dans les futurs bâtiments."

Des besoins réduits de 40 à 60 %

Le hall de transition est un espace de 45 m de large, de plus de 100 m de long et de 15 m sous toiture. Le cahier des clauses techniques spécifiait initialement l'installation de deux centrales de traitement d'air de 75 000 m³/h chacune, soit une puissance électrique des moteurs de 150 kW. La diffusion devait être assurée par 24 diffuseurs, 8 au sol et 16 à 3 m de hauteur. La variante proposée par Spie fait fondre la puissance cumulée des moteurs des deux CTA à 90 kW (55 000 m³/h chacune, 137 kW chaud).



Les centrales d'air neuf de l'atelier drapage : ces unités de 30 000 m³/h sont dotées d'une humidification adiabatique par pulvérisation sans stagnation d'eau.

La diffusion d'air est assurée par deux groupes de DLP : deux canalisations de 1 250 mm de diamètre et de 57 m de long chacune ; et deux de 900 mm de diamètre et de 30 m de long chacune. Ces diffuseurs aux perforations adaptées ont une portée de 20 m. Le taux de

brassage est de 2. Par conséquent, la reprise d'air s'effectue uniquement par deux larges bouches placées en hauteur, à proximité de la reprise sur les centrales. Gain supplémentaire : le gradient de température dans le hall est estimé à 0,8 °C.

“ Les entreprises sélectionnées restent force de proposition de techniques innovantes, sous condition qu'elles soient pérennes et qu'il ne s'agisse pas de recherche et développement. Ici, nous avons sécurisé la chaîne thermique. ”



Pascal Danthony

Chargé d'affaires investissements et moyens de production chez Airbus



“ Nous avons fait des choix techniques, regardé les coûts d'exploitation à terme en tenant compte de l'ergonomie et de la maintenance. Nous avons déjà l'expérience des gaines. L'investissement dans cette technique de diffuseurs permet de diminuer les coûts d'exploitation et d'assurer une optimisation énergétique. ”

Bernard Boudaud

Responsable de la maintenance des bâtiments et de l'énergie, Airbus

“ Nous avons déjà pratiqué les diffuseurs linéaires à pulsion en locaux commerciaux. Ce chantier nous a appris à consolider cette solution innovante parallèlement à une solution classique. Il a permis de valider la réduction des besoins en équipement et la baisse des consommations, pour un résultat identique, sinon meilleur. ”



Franck Babu

Chef de service technique du département Génie climatique et fluides de Spie Ouest-Centre



Les diffuseurs linéaires à pulsion répondent à des spécifications de calcul propres : dimensions, perforations, hauteur de placement, débit et pression d'air appliqués.

De 700 à 150 m de diffuseurs

De pratiquement 114 m de longueur, 64 m de largeur et 15 m de hauteur, le hall dit "usinage" devait préalablement être doté d'un équipement thermique similaire à celui du hall "drapage" : quatre CTA de 85 000 m³/h, soit une puissance électrique installée de 300 kW, et une centrale d'air neuf de 10 000 m³/h, soit de 5,5 kW. Ici, 742 mètres linéaires de gaines dont 700 m de manches textiles (32 de 22 mètres linéaires) devaient maintenir la température adaptée à la production ; la reprise du volume brassé était assurée par 22 bouches à 3,5 m du sol. Dans ce cas de figure, la substitution par la solu-

tion Sintra proposée par Spie se révèle radicale.

De quatre fois 85 000 m³/h, les besoins générés par l'utilisation des diffuseurs à pulsion se réduisent à trois CTA de 50 000 m³/h. Elles fournissent 150 kW chaud et 242 kW froid. La puissance électrique installée est abattue de 300 à 90 kW. Seule la centrale d'air neuf initiale (10 000 m³/h et 5,5 kW, 142 kW chaud) résiste à la nouvelle configuration.

Pour diffuser l'air traité, le plafond de l'immense atelier ne compte plus que trois DLP de 1 400 mm de diamètre et de 53 m chacun, placés à 13 m de haut et perforés latéralement : leur débit unitaire est de 50 000 m³/h. La portée latérale du flux aéralique est de 17,5 m. La reprise est limitée à trois bouches placées au niveau de la charpente de toiture du bâtiment. Le taux de brassage calculé de chaque côté des diffuseurs est de 1,9. Ici aussi, le gradient de température devrait être de 0,8 °C.

Pour Spie Centre-Ouest, la solution présentée conduit à une efficacité énergétique sensible. La puissance électrique installée est de 522,5 kW contre 792,5 kW prévus au CCTP initial. Outre la réduction des achats pour le chantier - centrales plus petites, linéaires de gaines réduits mais une ingénierie de définition par Sintra plus coûteuse, moins de travaux de pose, allègement de la charge sur la structure d'environ 70 t -, cette installation génère une économie de 1 à 1,3 GWh/an (quelque 61 000 €/an) et évitera au site d'Airbus une émission de CO₂ de 80 tonnes.



“ C'est pour nous une référence bien conçue et bien mise en œuvre. Ce chantier bénéficie d'une garantie de résultat sur la base de notre étude. ”

Marco Zambolin

Directeur général de Sintra

Les acteurs du chantier

- **Maîtrise d'ouvrage :** Airbus, Bernard Boudaud et Pascal Danthony.
- **Bureau d'études :** Océanis, Jean-Luc Leroy.
- **Installateur :** SPIE Ouest-Centre, Franck Babu et Étienne Balan.
- **Fournisseur :** Sintra, Marco Zambolin et Ludovic Boulanger.

INSTALLATIONS SOLAIRES THERMIQUES

Conception et mise en œuvre



Cet ouvrage est la synthèse de 20 ans d'expérience, de recherche sur les systèmes solaires thermiques.

Destiné aux concepteurs et aux installateurs, il fournit des réponses concrètes, notamment aux questions suivantes :

- Comment les différents composants et matériaux se comportent-ils en situation d'utilisation réelle ?
- Quels sont les composants qui ont réussi le test de la pratique et dans quelles conditions sont-ils employés de manière optimale ?

dans quelles conditions sont-ils employés de manière optimale ?

- Quelles sont les causes des défauts et comment les éviter ?
- Quelle est la durée de vie réelle d'une installation solaire moderne ?
- Quelles sont les caractéristiques des différents capteurs solaires ?
- Quelle performance énergétique peut-on attendre d'une installation donnée ?
- Comment concevoir et planifier correctement les installations solaires ?

448 pages

75,00 €
Franco TTC

L'ISOLATION ÉCOLOGIQUE

J.-P. OLIVA

Écrit dans un langage accessible à tous, il s'adresse aussi bien aux particuliers qu'aux professionnels. Il tient compte de la nouvelle réglementation thermique.

Ce livre donne une large place à l'impact des techniques et des matériaux choisis sur l'environnement (en évitant les matériaux dont la fabrication est polluante ou le recyclage impossible), sur la santé (en choisissant des matériaux sans risques pour ceux qui les fabriquent ou les mettent en œuvre et pour les occupants) et sur le bien-être (en préférant des modes d'isolation qui n'entravent pas les échanges entre la maison et l'extérieur).



36,20 €
Franco TTC

240 pages

LA CONCEPTION BIOCLIMATIQUE

S. COURGEY - J.-P. OLIVA



Samuel Courgey et Jean-Pierre Oliva livrent au lecteur les moyens concrets de faire baisser considérablement les besoins en chauffage.

Dans un style accessible, mais très précis, en s'appuyant sur de nombreuses illustrations (photos et dessins techniques), et en anticipant sur les normes en préparation, cet ouvrage passe au crible comment penser sa maison en fonction du lieu, du climat, tirer parti de l'énergie solaire grâce aux serres, murs capteurs, puits canadiens, concevoir des parois isolées avec des matériaux écologiques, récupérer la chaleur en hiver et la fraîcheur en été, et ventiler efficacement. Face à la flambée des cours du pétrole, à l'augmentation du coût de l'énergie, à l'impact de notre consommation énergétique sur l'environnement (effet de serre, pollution...), le lecteur trouvera là de quoi relever le défi !

244 pages

44 €

Franco TTC

LIVRAISON "EXPRESS 48 H"
commandez et payez sur
www.librairietechnique.com



Demandez le catalogue complet
6, passage Tenaille - 75014 PARIS
Tél. : 01 45 40 30 60 - Fax : 01 45 40 30 61