

ACOUSTIQUE LES SPÉCIFICITÉS DES GRANDS ESPACES PUBLICS

TEXTE : FRANÇOIS PLOYÉ PHOTOS : RENAUD ARAUD/RENAUD CHAIGNET,
ACTIVE-AUDIO, ADP, AGENCE DRLW, ARCHITECTES LIARD ET TANGUY/PASCAL
LEOPOLD, DRLW ARCHITECTES, LASA, MIKOU STUDIO, FRANÇOIS PLOYÉ/AQC

Dans les gares, aéroports ou centres commerciaux, lieux bruyants et réverbérants, le niveau sonore doit être contrôlé pour des raisons de confort mais aussi afin de garantir l'intelligibilité des messages d'information et de sécurité au public.

Photo Renaud Araud/Renaud Chaignet

Pôle de loisirs et de commerce Lyon Confluence, architecte Jean-Paul Viguier et Associés. La toiture gonflable est naturellement absorbante. En revanche, le centre commercial est traversé par la voie ferrée qui a demandé un traitement spécifique (fermeture des parois et pose de matériaux absorbants sur les passerelles).



1 Photo Mikou Studio

Les grands espaces ouverts au public du type gares, aéroports et centres commerciaux, mais aussi gymnases, hangars industriels ou grands atriums, peuvent s'étirer sur plus de 100 mètres de longueur et 70 mètres de largeur et culminer à 25 mètres de hauteur. Sans traitement de l'acoustique, avec une foule qui se bouscule aux heures d'affluence, la proximité avec les quais ou les pistes d'atterrissage, les voyageurs pressés qui poussent des chariots, les discussions animées et les échoppes, ces lieux sont bruyants et réverbérants. À titre d'exemple, le bureau d'études Avel Acoustique a procédé pour un de ses clients à un audit de centres commerciaux existants : la durée de réverbération mesurée à 500 Hz variait de 1,5 seconde pour les malls traités acoustiquement à 2,3 ou 2,5 secondes pour ceux non traités. Par ailleurs, la durée de réverbération augmente dans les grands espaces : c'est l'effet cathédrale.

Dans cet environnement, tout l'enjeu est de délivrer des messages d'informations ou de sécurité qui soient audibles et intelligibles. Lors du défaut de signalisation qui a créé le chaos à la gare Montparnasse de Paris fin juillet, les voyageurs ont souffert d'un défaut de sonorisation dans le hall Pasteur, et les messages inaudibles s'échappant des haut-parleurs ont ajouté à la confusion ambiante (alors qu'en revanche les messages sont intelligibles au niveau inférieur – celui des quais – qui est équipé d'enceintes à directivité contrôlée).

Lors des chantiers de construction ou de rénovation, trois objectifs sont généralement fixés : limiter le niveau sonore du brouhaha ambiant à une certaine valeur (SPL pour Sound pressure level), garantir

1 Plafond en toile micro-perforée tendue à chaud (Haguenier), avec puits de lumière intégrés, de la piscine Aquazena d'Issy-les-Moulineaux (92), signée par les architectes de Mikou Studio.

une bonne intelligibilité des messages (STI pour Speech transmission index) et enfin réduire la durée de réverbération (Tr). « À cela s'ajoute une spécificité technique concernant les grands espaces, le fait que la baie de sonorisation soit parfois située très loin du volume sonorisé, jusqu'à des centaines de mètres. Cela complique la donne pour faire des mesures de contrôle des enceintes, en posant un problème de câblage. Car le principe est de faire une boucle : un signal est envoyé par l'acousticien à la régie qui diffuse le message dans les enceintes et le résultat est mesuré et contrôlé. Il faut donc tirer un câble entre le volume à mesurer et le local technique », complète Éric Gaucher, président d'Acoustique & Conseil.

Un tandem acoustique et sonorisation

L'acousticien des espaces travaille avec l'architecte et le bureau d'études sur le traitement des surfaces, en choisissant la surface et la nature des matériaux absorbants. La complexité du traitement acoustique des grands volumes nécessite parfois de passer par une phase de modélisation en 3D et de simulation acoustique du lieu étudié, dont le résultat est une carte colorée des niveaux sonores et des durées de réverbération. Suivant les projets, l'intervention de l'acousticien des espaces est combinée ou indépendante du travail d'acousticien de sonorisation. La maîtrise d'ouvrage fournit un cahier des charges de performances avec le niveau d'intelligibilité souhaité, qui peut aller au-delà de la réglementation. Une étude de sonorisation peut aussi être menée en fonction de l'architecture et avec la position et performances des enceintes. « La simulation »



Photo DRLW Architectes

Le référentiel Qualité environnementale du bâtiment demandait dans le hall un niveau de bruit inférieur à 45 dB(A), qui a été obtenu avec des solutions classiques, des gaines acoustiques, un traitement au niveau des passages (cloisons et portes) et surtout des pièges à son à la sortie des CTA (Centrales de traitement d'air). Concernant la ventilation justement, des CTA neuves ont été installées en terrasse en R+2.

LE TERMINAL T1 DE L'AÉROPORT DE NICE-CÔTE D'AZUR

La restructuration à l'intérieur de l'aérogare existante du terminal T1 de l'aéroport de Nice-Côte d'Azur, a été confiée à l'agence DRLW Architectes, avec création de nouveaux volumes en charpente métal et habillage coupe-feu en plaques de plâtre. « Sur ce projet, nous avons un cahier des charges avec un référentiel Qualité environnementale du bâtiment (QEB) et une cible pour la qualité

acoustique qui était de limiter le niveau de bruit des équipements techniques, principalement pour le chauffage et la ventilation », présente l'acousticien Yves Kayser, directeur d'ESP (Euro Sound Project). Plusieurs espaces étaient concernés, les zones d'embarquement, la zone de la douane qui demandait davantage d'isolation pour assurer la confidentialité, de même que la zone de fouille afin d'aider à gérer le stress.

L'acousticien a principalement conseillé un traitement avec des faux-plafonds démontables en laine minérale avec résille métallique sur une surface de 2 200 m² au total. La durée de réverbération est relativement longue dans le hall de départ, à 2,14 secondes, la zone d'embarquement non Schengen est à 1,55 seconde, la zone Schengen à 1,29, tandis que les commerces sont à moins d'une seconde. ■

“La complexité du traitement acoustique des grands volumes nécessite parfois de passer par une phase de modélisation en 3D et de simulation acoustique du lieu étudié, dont le résultat est une carte colorée des niveaux sonores et des durées de réverbération”



Photo DRLW Architectes
L'ordre de grandeur du coefficient d'absorption de lames ajourées en plafond sur matériau absorbant est de 0,75.

LE GRAND HALL DE L'AÉROPORT DE DZAOUZI À MAYOTTE

« Sur cette construction neuve réalisée par l'agence DRLW Architectes, nous sommes intervenus comme sous-traitant du bureau d'études généraliste SNC Lavalin, qui nous avait fourni une notice HQE® avec des objectifs en acoustique, dont une durée de réverbération T_r moyen de 2,3 secondes sur le grand hall d'un volume de 12 000 m³. La durée de réverbération était ici l'objectif le plus contraignant », assure Caroline Derny, directrice agences du bureau d'études acoustique Alhyange Bretagne Sud.

Les plafonds ont été habillés avec des carrelots en bois ajourés sur une épaisseur de 3 cm de laine minérale surfacée d'un voile de verre noir. De plus, du fait de la ventilation naturelle, le hall d'enregistrement comporte de grandes ouvertures vers l'extérieur, qui sont naturellement absorbantes d'un point de vue acoustique. Les mesures de réception acoustique sont bien meilleures que les objectifs, avec 1,05 seconde dans le hall d'enregistrement et

1,25 seconde pour le hall d'embarquement au lieu des 1,5 seconde demandées, et assure ainsi le confort des usagers. Ce hall qui est fermé, ventilé et rafraîchi, a d'ailleurs été traité avec le même principe de lames bois ajourées. Concernant la façade donnant sur les pistes, l'objectif d'isolement acoustique standardisé pondéré pour un bruit de trafic (DnT,A,tr.) était peu contraignant à 30 dB(A), et la mesure a donné entre 38 et 40 dB(A). ■

“L'arrivée du BIM avec les échanges en IFC devrait permettre de valider plus rapidement le passage des gaines, la pose des panneaux acoustiques, etc., dans la scène 3D”



Photo DRLW Architectes

2

(statistique et géométrie) est réalisée avec nos outils internes. L'arrivée du BIM avec les échanges en IFC devrait permettre de valider plus rapidement le passage des gaines, la pose des panneaux acoustiques, etc., dans la scène 3D. Nous possédons par ailleurs en interne le savoir-faire pour réaliser une étude de sonorisation électro-acoustique et faire des recommandations, de manière à optimiser le travail des bureaux d'études électricité qui en général ont en charge le lot «sonorisation», précise l'acousticien Yves Kayser, directeur d'ESP.

Au moins 25 % d'aire d'absorption équivalente

L'absorption du son dans un espace est dépendante à la fois de la surface traitée et du coefficient d'absorption du matériau utilisé. Aussi les experts préfèrent quantifier l'aire d'absorption équivalente des revêtements et éléments absorbants en pondérant les surfaces en présence par leur coefficient d'absorption. Une échelle qualitative et comparative peut être établie avec une aire d'absorption équivalente supérieure ou égale à 25 %, 33 %, 50 % de la surface au sol. L'arrêté du 1^{er} août 2006 concernant les ERP (Établissements recevant du public) demande au moins 25 % d'aire d'absorption équivalente par rapport à la surface au sol afin de ne pas créer de gêne pour les personnes malvoyantes, qui se repèrent au bruit. Le volet acoustique du CCTP (Cahier des Clauses Techniques Particulières) d'un projet de construction neuve ou de réhabilitation va définir d'autres critères acoustiques tels que le niveau d'atténuation des façades, le niveau de réverbération, le niveau de bruit maximum des équipements

2 Zone d'embarquement de l'aéroport de Dzaoudzi à Mayotte où les gaines de ventilation et de rafraîchissement ont dû être traitées acoustiquement.

techniques, les isolements aux bruits aériens ou aux bruits de chocs. Ainsi pour l'aéroport de Dzaoudzi à Mayotte, «le niveau de bruit des équipements de la ventilation double flux avec climatisation du hall d'embarquement demandé suivait l'objectif réglementaire de 45 dB(A). Les réseaux aérauliques (ventilation et rafraîchissement) ont été traités avec des pièges à son à la sortie des Centrales de traitement d'air (CTA) et sur les «totems» de rafraîchissement. Les mesures acoustiques réalisées in situ à la réception donnent en ventilation sans rafraîchissement 33 dB(A) et avec rafraîchissement 42 dB(A)», se félicite l'acousticienne Caroline Dery (Alhyange).

L'acousticien peut faire des propositions : une règle empirique indique que le temps de réverbération optimal en secondes est proportionnel (avec un coefficient de 0,10) à la racine cubique du volume en m³. Cette valeur est à affiner en fonction du projet et des dimensions du volume : dans les grands volumes réverbérants, le visiteur s'attend à des valeurs plus élevées pour le niveau sonore et la durée de réverbération alors que certains espaces plus petits peuvent être traités de manière plus feutrée (zones de repos) voire avec des ambiances sonores spécifiques (zones d'animation).

Comprendre les messages

«Deux caractéristiques acoustiques du local sont primordiales dans la compréhension des messages parlés, à savoir le rapport signal sur bruit, dont la détermination est directement liée à la décroissance du son dans l'espace à bruit de fond maîtrisé, ainsi que la déformée temporelle du signal qui peut être approchée par le biais de la durée de >>>



3 Photo ADP

3 Il est assez rare, comme sur le terminal 2E de l'aéroport de Roissy-Charles de Gaulle, que le sol soit recouvert de moquette.

“La réglementation impose un niveau de diffusion des messages d'évacuation supérieur à 90 dB(A) à hauteur des oreilles et une intelligibilité STI de 0,5 minimum”

réverbération», explique l'acousticien Alain Tisseyre. Il existe deux types de méthode pour caractériser l'intelligibilité de la parole, les méthodes « indirectes » (STI ou Rasti) et les méthodes « directes » (avec des scores de mots ou de phonèmes qui sont reconnus par des sujets). L'intelligibilité (Rasti ou STI) est mesurée par calcul à partir de la mesure physique de paramètres caractérisant l'acoustique interne d'un lieu. Ce critère qui définit le niveau d'intelligibilité subjective de la parole (variant de 0 à 1) est fixé par une méthode normalisée (norme CEI 268-16). En ERP, la sonorisation de sécurité relève de la norme NF S61-932 de juillet 2015 et de la norme européenne EN 60-849 relative aux systèmes électroacoustiques pour services de secours. La réglementation impose un niveau de diffusion des messages d'évacuation supérieur à 90 dB(A) à hauteur des oreilles et une intelligibilité STI de 0,5 minimum. « L'objectif en STI est le plus souvent de 0,45 ou 0,5 quelle que soit la réverbération. Le niveau sonore de la sonorisation doit couvrir toute la zone et doit être supérieur avec un certain seuil au niveau de bruit ambiant. En revanche, il est beaucoup plus rare de définir des objectifs de décroissance spatiale », précise Éric Gaucher. Néanmoins pour l'aérogare de Brest réalisée en 2008 par DRLW Architectes, l'acousticien Jean-Paul Lamoureux a défini un

objectif d'atténuation par doublement de distance de 3,5 dB(A) avec un réel mesuré entre 3,3 et 3,6. Dans les cas complexes, les acousticiens modélisent en 3D et simulent le comportement acoustique des locaux avec des outils logiciels métiers comme *Catt Acoustic* ou *Ease*. Des enceintes peuvent être positionnées pour une étude de sonorisation. Une oralisation peut même être réalisée avec le calcul d'une maquette virtuelle sonore du lieu en période d'affluence en comparant avec et sans traitement acoustique. Cette aide à la décision peut se révéler précieuse dans le dialogue avec les architectes comme cela a été le cas pour le terminal T1 de l'aéroport de Lyon (voir encadré ci-contre).

Concevoir avec l'architecte

Les architectes peuvent choisir dans leur conception des matériaux durs et lisses, comme les structures métalliques, les voiles béton, les sols en carrelage très appréciés dans les centres commerciaux, les verrières pour apporter de la lumière naturelle, les façades vitrées donnant sur la piste de l'aéroport, les vitrines des magasins, etc. Impliquer l'acousticien en amont sur le projet aide à trouver des solutions de traitement acoustique adapté à la conception de l'architecte. « Soigner l'acoustique est très important pour la qualité de vie et l'intelligibilité de la » >>>



Photo Lasa

Les matériaux sont durs, avec du carrelage au sol, des murs vitrés, du béton et une charpente métallique. Le traitement acoustique est réalisé avec des baffles suspendus ici sous verrière.

LE TERMINAL T1 DE L'AÉROPORT SAINT-EXUPÉRY LYON

La construction du nouveau terminal T1 de l'aéroport Saint-Exupéry de Lyon a été confiée aux architectes Rogers Stirk Harbour + Partners (RHSP) et Chabanne et Partenaires. Le contrat a été emporté par un groupement mené par GFC Construction, filiale de Bouygues Construction et comprenant l'acousticien Lasa dès la phase concours.

Ce nouvel ensemble de 70 000 m² comporte en particulier deux grands halls, le hall central et le green space en forme de dôme. L'ouvrage a demandé un important travail en conception acoustique et une simulation très lourde. « Nous avons plusieurs sujets à traiter dont la réverbération dans les grands volumes et l'isolation des façades. En outre, la certification HQE® n'est pas une démarche habituelle pour un aéroport et l'AMO, qui avait une forte préoccupation pour l'acoustique, avait précisé ses objectifs STI », confie Samuel

Tochon-Danguy, directeur adjoint du bureau d'études Lasa. Outre la forme ronde du projet, il fallait prendre en compte les murs très vitrés et un carrelage au sol imposé. De plus, l'architecte Richard Rogers souhaitait conserver la surface brute du béton avec la structure métallique acier. « Le traitement acoustique a été réalisé avec des baffles absorbants suspendus au plafond en hauteur. Ce sont des bandes

horizontales d'épaisseur 52 mm en tôle d'aluminium perforée de hauteur 187 mm avec une âme en laine minérale absorbante et un talon en bois pour l'esthétique. De nombreuses simulations acoustiques ont été faites pour optimiser le nombre de baffles, leur orientation et leur écartement, sachant que le projet comporte au final 77 km de linéaire de baffles », poursuit Samuel Tochon-Danguy. Un conséquent travail >>>



Photo Lasa

Baffles suspendus en rayons pour le dôme du hall Green Space.



Photo Lasa

Le traitement a toujours lieu en plafond avec, au-dessus des comptoirs d'enregistrement, des îlots en plâtre perforé préservant l'expression du béton brut.

de simulation a été nécessaire sur CATT-Acoustic avec des modèles « micros » afin d'optimiser en finesse l'écartement et le dimensionnement des baffles, complété par un grand modèle intégrant le résultat du modèle simplifié des baffles avec un coefficient d'absorption équivalent. Concernant les objectifs, le cahier des charges initial exigeait un STI de 0,55 minimum en tous points accessibles au public. Les intervenants se sont accordés pour viser 0,60 dans la majorité des lieux afin d'être certain d'être à 0,55 min. L'acousticien a préféré réaliser une maquette virtuelle sonore sur CATT-Acoustic de ce que donnerait la sonorisation prévue dans l'aéroport en comparant avec et sans baffles. Cette oralisation a permis de progresser dans les discussions avec l'architecte.

Des prototypes de baffles ont été installés dans un bâtiment témoin, permettant de les tester en grandeur nature et de recalculer le modèle numérique avec des mesures terrain.

« Dans les halls de grande hauteur, la sous-toiture métallique est en bacs acier. Nous avons proposé des bacs acier perforés qui tirent parti de l'isolation en laine minérale, avec parfois des baffles en dessous. Dans certaines zones cette solution n'a pas été retenue par Bouygues car la portée franchissable moindre augmente la densité de charpentes métalliques, ce qui alourdit la facture », détaille Samuel Tochon-Danguy. En suivi de chantier, une fois le sous-traitant désigné (Plafométal), une dernière modification a eu lieu sur le taux de perforation pour des raisons de coût et de facilité. Le taux final est

légèrement inférieur à celui de la conception (23 % au lieu de 30 %) mais la meilleure absorption de la laine minérale vient en compensation, car il était prévu qu'elle soit ensachée alors qu'au final elle est revêtue d'un voile de verre qui réduit la perte d'absorption.

L'objectif de réverbération Tr est déduit du STI visé avec une sonorisation standard, l'idée étant ensuite d'optimiser en fonction du coût des travaux. Au final les Tr mesurés sont conformes aux objectifs de 2,8 secondes pour le grand hall central (avec traitement des sous-faces de la verrière par des baffles), de moins de 2 secondes dans le green space et de 1,5 seconde dans les salles d'embarquement. Les mesures effectuées à réception, montre un STI entre 0,55 et 0,60 répondant aux objectifs, à part dans une zone qui n'est pas définitive.

Illustration ci-dessous : simulation des baffles, de leur dimensionnement et espacement.

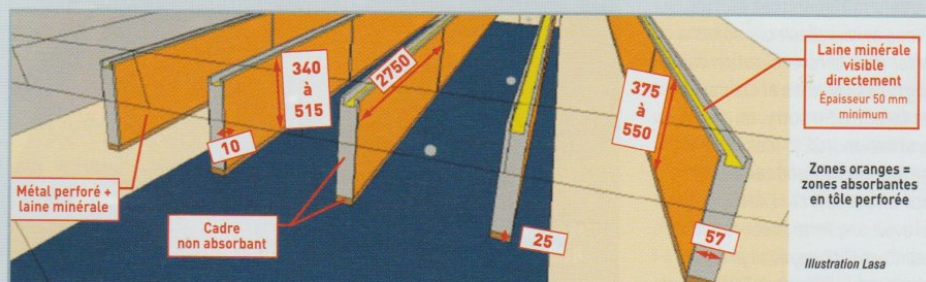


Illustration Lasa



Photo DRLW Architectes

4

parole, afin de diminuer le stress des usagers. À l'aéroport de Brest, nous avons tendu une toile sur la charpente métallique. Cette toile blanche possède des propriétés acoustiques et réfléchit la lumière. L'acoustique était incluse dès le départ dans la réflexion sur le projet», reconnaît l'architecte Denis Dietschy de l'agence DRLW.

Le traitement de ces grands volumes se fait généralement avec de l'absorbant en plafond et dans une moindre mesure en parois verticales. Si le tissu peut être utilisé, le premier choix se fait sur des parements rigides de protection type bois ajouré, tôle ou plâtre perforée devant une laine minérale ou une mousse absorbante, qui offrent des performances d'absorption acoustique α_w de 0,75 à 0,80 minimum. «Par exemple pour le centre commercial des Terrasses du Port à Marseille, un maximum de correction acoustique était demandé sur les grands espaces et les circulations. Dans le grand hall, du plâtre perforé a été fixé en plafond et dans les coursives, des plaques de métal perforé», précise l'acousticien Étienne Bodelet d'Acoustique & Conseil. La propagation aérienne du son peut aussi être cassée avec des kiosques, des commerces, des passerelles, des panneaux publicitaires, etc. Le volet acoustique des CCTP intègre des objectifs plus «classiques» comme le traitement du bruit de chocs (avec un plenum absorbant), la limitation du niveau sonore vis-à-vis du voisinage et du bruit des équipements (gainages de ventilation typiquement), etc. Dans les aéroports, une spécificité est l'isolation phonique de la paroi vitrée côté piste, qui doit être particulièrement soignée, avec un vitrage feuilleté acoustique et en veillant à éliminer tous les ponts thermiques.



Photo Architectes Liard et Tanguy - Pascal Leopold

5

4 Aéroport de Brest mise en service fin 2007, réalisée par DRLW Architectes avec comme acousticien Jean-Paul Lamoureux. Sous-plafond recouvert d'un matériau absorbant avec 2,5 m plus bas des bâches tendues recouvertes de mousse de mélamine. Le résultat est une absorption proche de 1.

5 Atrium du lycée Maritime de Saint-Malo (35). Le traitement de correction est en parois verticales avec les lames bois ajourées et un matelas absorbant derrière (α_w de 0,7). La durée de réverbération T_r est de 2,1 secondes (conforme à l'objectif d'être inférieur à 2,4 secondes). Acousticien Alhyange.

Chemin sonore pour les mal voyants

Pour l'acousticien Alain Tisseyre, «une notion importante étudiée par la SNCF et la RATP est qu'une personne malvoyante puisse se repérer au bruit et aux messages sonores. Les bruits utiles comme le bruit des rames ou des portiques peuvent l'aider à se repérer en couplage avec une sonorisation des lieux, avec une logique de localisation par un bip créant un chemin sonore. C'est d'ailleurs une demande au niveau européen mais il est très compliqué d'essayer d'y répondre.» Le programme nommé Equisens et managé par la RATP dure depuis plusieurs années avec une opération pilote en cours en gare de Nanterre. «L'idée est aussi de localiser des balises sonores dans l'espace urbain pour créer un chemin >>>



6 Photo 2017 - François Ploye - AQC



7 Photo Active-audio

sonore aidant à repérer les entrées comme le demande la réglementation européenne. Mais cela pose des problèmes de voisinage et la RATP souhaite tester ces dispositifs dans un premier temps à l'intérieur de la gare», continue Alain Tisseyre.

Une couverture sonore homogène

Les espaces communs sont sonorisés par un maillage d'enceintes, qui délivrent aussi bien les messages d'évacuation que les messages d'informations ou d'ambiance. En amont, une étude grossière de la sonorisation est réalisée, et l'acousticien (ou l'expert sonorisation) vient faire une simulation et définir précisément le modèle d'enceintes. L'étude de sonorisation doit être reliée à l'étude architecturale car les études sont trop souvent dissociées et il peut être fructueux de les intégrer très tôt. Par exemple, l'acousticien peut proposer plusieurs enceintes

directives, mais si l'architecte a des réticences d'un point de vue architectural, il peut les camoufler et obtenir une vraie intégration. La sonorisation de sécurité est généralement distribuée sur un réseau à ligne 100 volts, avec des enceintes raccordées en parallèle, ce qui élimine les pertes de ligne et facilite l'installation. Mais sur les grosses installations de sonorisation, l'audio peut être distribué via un réseau numérique, par exemple Dante, chaque enceinte est dotée d'une adresse IP faisant elle-même la conversion audio-numérique.

Enceintes à directivité contrôlée

Plusieurs fabricants proposent des enceintes professionnelles comme Bose, Bosch, JBL, Bouyer, Ateis ou Active Audio. «En sonorisation, la révolution est venue des colonnes directives actives qui sont très utilisées dans les espaces où la durée de réverbération est élevée. La couverture sonore est étudiée en fonction de la forme des espaces et de la nature des matériaux et procédés mis en œuvre», assure Éric Gaucher. Le son diffusé par ces colonnes actives d'enceintes (ou line array) à directivité contrôlée numériquement est très directif et envoie très peu d'énergie vers le plafond, ce qui améliore l'intelligibilité. Active Audio propose des colonnes d'entrée de gamme Ray-On, d'un mètre de hauteur avec une portée d'environ 20 mètres et des StepArray dont la hauteur de 4 mètres donne une portée allant jusqu'à 90 mètres. Le niveau sonore reçu est quasi identique quelle que soit la distance à la source grâce à une forme d'onde étudiée de la colonne d'enceintes, pilotées séparément et avec précision par processeur DSP. Le fait d'avoir déporté l'électronique de traitement dans le local technique offre un certain nombre d'avantages : partage de cartes électroniques entre plusieurs enceintes, sécurité, coût réduit, etc. «Nous avons commercialisé une colonne directive passive, le Ray-On qui est aussi en conformité avec les normes d'évacuation de sécurité EN54. Positionnée davantage en entrée de gamme, cette colonne est déclinée en plusieurs hauteurs et plusieurs portées. Par ailleurs, nous avons sorti des modèles Step-Array+ et Ray-On+ avec électronique intégrée dans la colonne», explique Xavier Meynial, directeur technique d'Active Audio. Ces différentes colonnes sont installées verticalement sur les parois ou les piliers, l'idée est de les positionner entre 50 cm et 1 m au-dessus des oreilles des voyageurs, soit à 2,50 m du sol. Ces équipements permettent de résoudre avec élégance les problèmes de sonorisation. Le bureau d'études Acoustique et Conseil a travaillé en 2013 sur la gare de Lyon-Saint-Exupéry TGV pour l'étude d'une nouvelle sonorisation. Réalisée par l'architecte Santiago Calatrava et ouverte au public depuis 1994, la gare composée d'un grand hall et d'une passerelle est une grande cathédrale de béton aux formes organiques, conçue sans correction acoustique. Le grand hall fait une soixantaine de mètres de longueur pour une largeur variant entre 20 et 50 m. Il a été équipé en sonorisation avec deux colonnes (line array) à directivité contrôlée Ateis au centre du hall avec une portée de 30 m et des projecteurs de son indépendants en périphérie. ■

6 Certains quais de la gare Montparnasse à Paris ont été équipés en 2016 d'enceintes Ray-On 100 (hauteur un mètre) d'Active Audio.

7 Mesure de STI au terminal T3 de l'aéroport de Roissy-Charles de Gaulle avec sonorisation par colonnes à directivité contrôlée d'Active Audio.