

Une nouvelle perspective de réduction de la gêne autour des aérodromes : le lampadaire antibruit

Lionel Gaudriot, Jacques Martinat,

*le Comptoir de la technologie,
3, rue Berthelot,
69300 Caluire et Cuire,
tél : 04 78 08 37 49*

La nuisance acoustique à proximité des aéroports est bien connue et les riverains et leurs associations s'emploient régulièrement à dénoncer la gêne parfois insupportable qu'ils subissent.

Le compromis entre les exigences économiques du développement du trafic aérien et la tranquillité des populations, qui s'avèrent difficiles à établir, est jusqu'à maintenant recherchée à deux niveaux :

- La réduction de l'émission sonore des avions et le contrôle strict de leur route. Des progrès sensibles ont ainsi été obtenus grâce à l'amélioration du comportement acoustique des moteurs d'avion qui a conduit à des gains allant jusqu'à 30 dB. On peut, par contre, penser que désormais les progrès s'asymptotiseront et que les gains futurs seront sensiblement moins importants.

- L'amélioration et la systématisation de l'isolement de l'habitat encouragées notamment par la perception de la taxe sur le bruit de décollage des avions.

Ces mesures qui stabilisent la situation n'apportent cependant pas satisfaction aux riverains pour au moins deux raisons principales. D'une part, parce que le trafic aérien est en croissance constante et que les occurrences accrues de décollage et d'atterrissage font que la "dose" acoustique retenue est en constante augmentation.

D'autre part, parce qu'elles les condamnent à l'enfermement à l'intérieur de leurs habitations et n'autorisent pas un accès harmonieux au plein air ou simplement même à vivre fenêtres ouvertes.

Cette dernière contrainte particulièrement mal acceptée par les populations a amené les pouvoirs publics à solliciter vigoureusement le milieu des acousticiens afin qu'ils étudient la situation et éventuellement engagent des travaux susceptibles de déboucher à terme sur une amélioration.

Le Comptoir de la technologie fort d'une expérience acquise dans un autre cadre, relancé une nouvelle fois dès 1993 sur ce projet, a alors estimé raisonnable d'engager une recherche visant à constituer un dispositif susceptible,

à l'image d'un écran, de s'interposer entre l'onde incidente en provenance de l'avion et le sol. L'analogie avec le lampadaire optique a conduit à dénommer ce dispositif "Lampadaire antibruit (Silence light)" ou bien encore "parapluie antibruit" étant entendu que pour les physiciens, il s'agit simplement d'un écran "actif" vis-à-vis du bruit d'avion.

Étapes initiales

La bibliographie faite par le Comptoir de technologie a montré que peu de travaux avaient été engagés sur le thème de la réduction active du bruit en espace libre, au contraire de la réduction active du bruit en espace confiné qui mobilise les énergies depuis une vingtaine d'années maintenant.

L'enquête conduite auprès des milieux spécialisés n'a pas non plus permis d'avancer notablement puisqu'à l'extrême deux éminents spécialistes estimaient, l'un qu'il n'y avait aucun espoir avant au moins 15 ans, l'autre qu'il pouvait résoudre le problème en 15 jours.

Dans ces conditions, nous avons dans une première étape (1994) engagée une approche double - théorique et expérimentale - visant à tester l'idée physiquement simple d'interposer entre l'avion et un espace de vie au sol, des contre-sources acoustiques multiples qui, excitées judicieusement, configureraient au moment opportun, une surface d'action suffisamment proche de l'onde incidente pour s'opposer à cette dernière, c'est-à-dire la réfléchir ou l'absorber et maintenir ainsi le silence dans l'espace aval.

Une expérimentation simplifiée ayant montré qu'ainsi il était possible avec une source immobile et une excitation sinusoïdale d'obtenir des atténuations de 20 dB au moins, une maquette rudimentaire constituée de deux contre-sources seulement avec poursuite manuelle a été réalisée et testée en site réel (Aéroport de Lyon-Satolas) sans résultats suffisamment sensibles (inadéquation des haut-parleurs, effet de l'écho du sol).

La modélisation pourtant, conduite au cours des années 1995-1996 avec le concours du ministère de l'environnement laissait entrevoir une solution au prix d'une électronique de pilotage plus complexe.

Dans ces conditions, on pouvait estimer qu'un tel dispositif était probablement concevable et deux brevets l'un restreint à la France, l'autre international ont été déposés après vives discussions avec les examinateurs américains qui opposaient une disposition basée sur la minimisation automatique du champ résiduel, grâce à un algorithme approprié piloté par des boucles de retour sur la pression captée dans le volume protégé.

Simultanément, une pré-mise en forme d'un programme exhaustif de travaux en ce domaine a été proposée à la Commission européenne (Preliminary Award 1995) qui l'a accepté mi-1996 (Projet BRITE-EURAM BRPR-CT96-0232).

Ce programme de trois années a débuté le 1er janvier 1997 et rassemble cinq équipes européennes :

- Laboratoire de mécanique et d'acoustique (EPFL Suisse)
- JDL Technologies (Liège Belgique)
- Tannoy (Coatbridge Écosse)
- Laboratoire de mécanique INSA (Rouen France)
- Comptoir de la technologie (Caluire France)

Orienté résolument produit et non étude (afin d'essayer d'aboutir au plus européennes), il vise à marier en permanence l'approfondissement théorique et l'expérimentation en conditions réelles.

Trois étapes principales caractérisent ce projet :

- A partir d'une spécification, établir sur la base des travaux préliminaires, la conception et la réalisation des divers éléments constitutifs du lampadaire antibruit, c'est-à-dire haut-parleurs, dispositif de repérage du plan d'onde incident (goniométrie), circuits électroniques de pilotage, supportage mécanique de l'ensemble. Cette étape vise à constituer un dispositif d'essais, vraie grandeur, devant fonctionner dans les conditions réelles d'exploitation (conditions climatiques notamment).

- Réaliser des essais de faisabilité sur la butte de Monceras à proximité de l'aéroport de Lyon-Satolas avec constitution d'une base de données susceptible ultérieurement d'être utilisée comme base de démonstration.

- Après reconsidération des spécifications, suite aux essais de faisabilité, réaliser une installation pilote (site réel, avec riverains concernés).

État des travaux au 31 décembre 1998

Aspects théoriques

À ce jour, la théorie physique de l'écran actif a été entièrement posée. Elle fera prochainement l'objet d'une publication spécialisée dès lors que les idées originales qu'elle propose et leurs conséquences auront été protégées. Elle a permis de mettre en évidence les points importants suivants :

- Pour que l'écran actif se comporte comme un réflecteur réfléchissant l'onde incidente, il faut considérer les haut-parleurs comme des sources de dév-bir acoustique et les traiter ainsi, notamment les étalonner, les compenser et les piloter.

On peut imaginer un écran non seulement réflecteur mais totalement absorbant (doubles sources)

- Liée à l'espacement des contre-sources, une fréquence de coupure existe en-dessous de laquelle l'atténuation est maximale, mais au-delà de laquelle des ondes rasantes (de moins en moins rasantes lorsque la fréquence croît) apparaissent à l'arrière de l'écran qui réduisent le volume protégé et polluent son voisinage. Toutefois, des dispositions particulières permettent de repousser cette fréquence de coupure.

Dans le cas du dispositif en essai, la fréquence de coupure est de 340 Hz, ce qui doit permettre le test de protection jusqu'à 600 Hz. Pour la suite, il y aura lieu soit d'augmenter la densité de contre sources actuellement distantes les unes des autres de 1,25 m, soit de les complexifier pour limiter, au contraire, leur densité.

Simultanément une autre technique a été imaginée et conceptualisée. Cette technique dite de "l'ombre glissante"

a été expérimentée en laboratoire à ce jour. Son approfondissement et sa formalisation pour test de faisabilité vraie grandeur ne pourront toutefois pas aboutir avant au moins une année.

Résultats acquis au 30 novembre 1998

À ce jour, seul le système de repérage du plan d'onde incident est qualifié. Il permet à partir du trièdre de référence constitué par 4 micros de suivre l'évolution de l'onde issue du mobile en azimuth et site avec la précision demandée. Suite aux conclusions dégagées par la théorie de l'écran actif, la compensation des haut-parleurs en débit, de même que le bouclage avec l'informatique goniométrique est mis en place, pour chaque spécimen, en onde localement plane grâce à un tube de Kundt ($L = 12$ m, $D = 0,5$ m).

Conclusions

L'assemblage de l'écran et son test devraient être finalisés fin décembre 1998 ou dans les toutes premières semaines de 1999, les principaux obstacles ayant été levés et les composants qualifiés.

Suite à cet essai dont on estime aujourd'hui qu'il sera positif, il y aura bien évidemment nécessité de reconsidérer les spécifications des éléments constitutifs qui rappelons-le, ont été dimensionnés au démarrage de l'étude, afin de satisfaire aux diverses techniques de contrôle envisagées.

Cette reconception sera alors mise en Ouvre pour la réalisation d'un site pilote en milieu urbain (place publique très fréquentée) avec évaluation des résultats par questionnement de la population. ■