

RAPPORT D'ACTIVITÉ 2004

**Recherche**  
**Développement**  
**Formation**



Plate-forme RDF des Electriciens Romands  
Commission RDP-CREE



## NOUVELLE CARTOGRAPHIE ACOUSTIQUE

# La lutte anti-bruit progresse



Dr VINCENT CHRITIN,  
IAV Engineering

**La méthode anti-bruit testée sur les transformateurs électriques de puissance a franchi une nouvelle étape en 2004. Les travaux de développement réalisés dans le cadre de l'EPFL ont permis de valider l'ensemble de l'architecture matérielle développée, au moyen de la cartographie acoustique «Beam Forming».**

A défaut de pouvoir disposer à ce stade d'un code ANC (Active Noise Control), l'application de cartographie acoustique a été adoptée d'entente avec les partenaires du projet. Il s'agissait, dans un premier temps, de diagnostiquer les sources de bruit sur le transformateur et de faciliter le design du produit final, facteur décisif pour la viabilité économique de l'implantation de la solution.

Les tests ont été effectués en vraie grandeur sur le toit du bâtiment du Parc scientifique de l'EPFL. Pour les besoins des tests, une antenne de 15 microphones a été réalisée par l'entreprise IAV et mise en place sur le site d'essai. Elle est caractérisée par un maillage de quinze microphones, une distance inter-microphones de 75 centimètres et une fréquence centrale de travail de 200 hertz.

L'algorithme de cartographie a été développé par IAV sous la forme d'une fonction de focalisation d'antenne de type FILTER-SUM, puis implémenté sur le calculateur DSP (Digital Signal Processing) par Christian Blanc, du Laboratoire d'électronique industrielle de l'EPFL. Il comprend notamment l'ensemble des fonctions de pilotage des entrées et sorties: calibrage et réglage automatique des gains en entrée, pilotage des tensions, fréquences et phases des RAD's (Radiating Acoustic Devices) en sortie.

L'application, qui nécessite l'emploi des étages d'entrée et de sortie, ainsi que des transducteurs d'émission et de réception, a permis de tester et de valider l'ensemble de ces fonctions, à l'exception de la communication inter-modules. On ne disposait que d'un seul module dans le cadre du projet.

La démonstration consistait à placer deux haut-parleurs d'émissions (RAD) dans le plan focal de l'antenne, de manière à simuler le rayonnement d'un transformateur en activant séparément ou simultanément les deux RAD à une fréquence nominale de 200 hertz et aux fréquences latérales de 100 et 400 hertz.

Les cartes de bruit recouvrent une surface de 10 mètres sur 5, avec une résolution de 25 centimètres, soit un maillage de 40 x 20 points, avec les caractéristiques suivantes:

- acquisition de 16 x 512 points à 4 kilohertz (durée de 128 microsecondes),
- algorithme de calcul de la carte acoustique, d'environ 20 secondes (avec 4 millions d'exponentiels complexes et 4000 transformées de Fourier),
- codage des niveaux acoustiques en chaque point du maillage sur 1 octet,
- transfert des cartographies acoustiques par port série sur PC externe pour l'affichage et la visualisation des informations (transfert sous 150 microsecondes à 38 400 bauds),
- transfert et affichage possible des valeurs mesurées (sinus) et des parties réelles et imaginaires des FFT (Fast Fourier Transfert).

Les opérations d'acquisition, de traitement et d'envoi des cartes sont effectuées séquentiellement. Au final, la fréquence de rafraîchissement des cartes est de l'ordre de trois images par seconde, compte tenu de la totalité des séquences d'acquisition et de calcul.

A la fin de 2004, nous disposons d'un module démonstrateur fonctionnel ATQII et d'un algorithme assorti d'une antenne de mesure de 15 microphones, susceptible d'établir sur site une cartographie acoustique en deux dimensions du rayonnement d'un transformateur. Les résultats

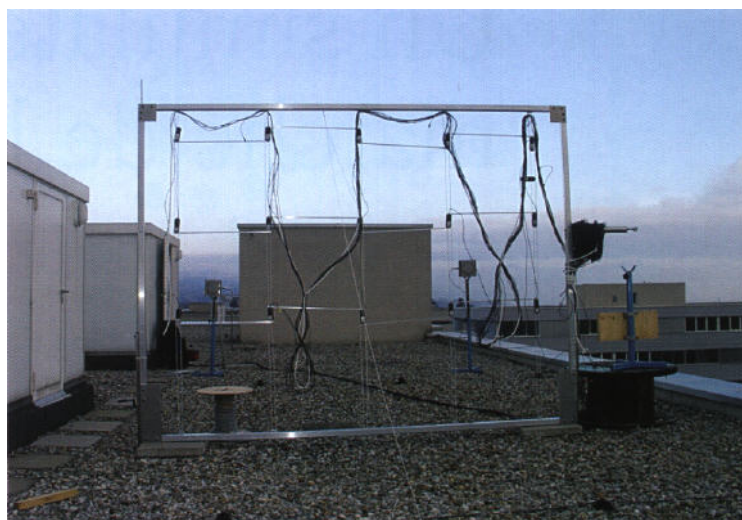


de cartographie obtenus avec le démonstrateur satisfont aux prévisions de performances établies par simulation de l'antenne (émergence et discrimination spatiale des sources, y compris les effets locaux de réflexions sur le site actuel de démonstration). On peut désormais envisager la rédaction d'un descriptif de cette méthode de détermination du rayonnement acoustique des transformateurs, voire une présentation éventuelle du démonstrateur.

L'entreprise IAV exprime sa reconnaissance à la commission RDP-CREE pour son soutien, ainsi qu'au professeur Alfred Rufer, du LEI-EPFL, et à Pierre Boss, qui représente ABB Sécheron dans le cadre de ce projet de développement.

## PUBLICATIONS

- K. Brungardt et al.: *Aktive Lärmdämmung von Leistungstransformatoren mit Gegenlärm*, Elektrizitätswirtschaft Jg. 97 (1998), H.8, S. 66-69.
- P. Boss et al.: *Utilisation de la technique de contrôle actif pour réduire le bruit des transformateurs de puissance*, 1998 CIGRE Conference, Paris, Rapport 12-301.
- P. Lorin et al. : *Wenn Trafos leiser werden sol/en, Aktive Geräuschkämmung von Leistungstransformatoren mit Gegenlärm*, Bulletin SEV/VSE 18/98, pp. 25-28.
- O. Schevin : *Modèle simplifié du rayonnement acoustique en champ lointain d'une structure vibrante*, accepté pour le Congrès Français d'Acoustique 2000, Lausanne.
- P. Herzog: *Perturbations de l'impédance de rayonnement d'une source compacte*, accepté pour le Congrès Français d'Acoustique 2000, Lausanne.
- *Rapport intermédiaire*, 1998, projet CTI n° 3628.1.
- *Rapport intermédiaire*, 1999, projet CTI n° 3628.1.
- *Rapport final*, 2000, projet CTI n° 3628.1.
- *L'Electricité plus silencieuse*, 1997, Rapport RDP-CREE.
- *Transformateurs plus discrets*, 1998, Rapport RDP-CREE.
- *Transformateurs discrets*, 1999, Rapport RDP-CREE.
- *Projet Eureka «Active Transformer Quieting»*, 2000, Rapport PSEL.



Antenne microphonique  
3 x 5 microphones.

- O. Schevin: *Contribution à l'étude des modes de rayonnement acoustique d'une structure*, Thèse EPFL N° 2392 présentée au Département d'Electricité, 2001, Lausanne.
- P. Boss (ABB Sécheron), M. Pompéï (Paulstra SNC), J.P. Delon & C. Masson (RTE/CNER), B. Krummen (Service Electricité Lausanne), Ph. Herzog (LMA-CNRS), V. Chritin (IAV Engineering), Actes de la conférence MATPOST, 2003, *Réduction active des nuisances sonores et vibratoires liées aux transformateurs de puissance*.
- Pierre Boss, Michel Pompéï, Céline Masson, Bernard Krummen, Vincent Chritin, Philippe Herzog, *Transformateur de puissance: nuisances sonores et vibratoires, solutions passives et actives pour atténuer le bruit et les vibrations des transformateurs*, Bulletin SEV/VSE 9/2004, pages 39-46.

PROJET 186	
Mandataire responsable :	IAV Engineering Sàrl, Lausanne
Correspondant :	Pierre Boss, ABB Sécheron SA
Durée du projet :	2002-2005
Postes de travail :	5 hommes-années
Coût total :	Fr. 970 000.-
Partagé entre :	ABB Sécheron SA Fr. 80 000.-
	CTI Fr. 250 000.-
	RDP-CREE Fr. 60 000.-
	IAV Engineering Fr. 60 000.-
Recherche de financement :	Fr. 520 000.-

Plus de renseignements sur: <http://www.iav.ch>