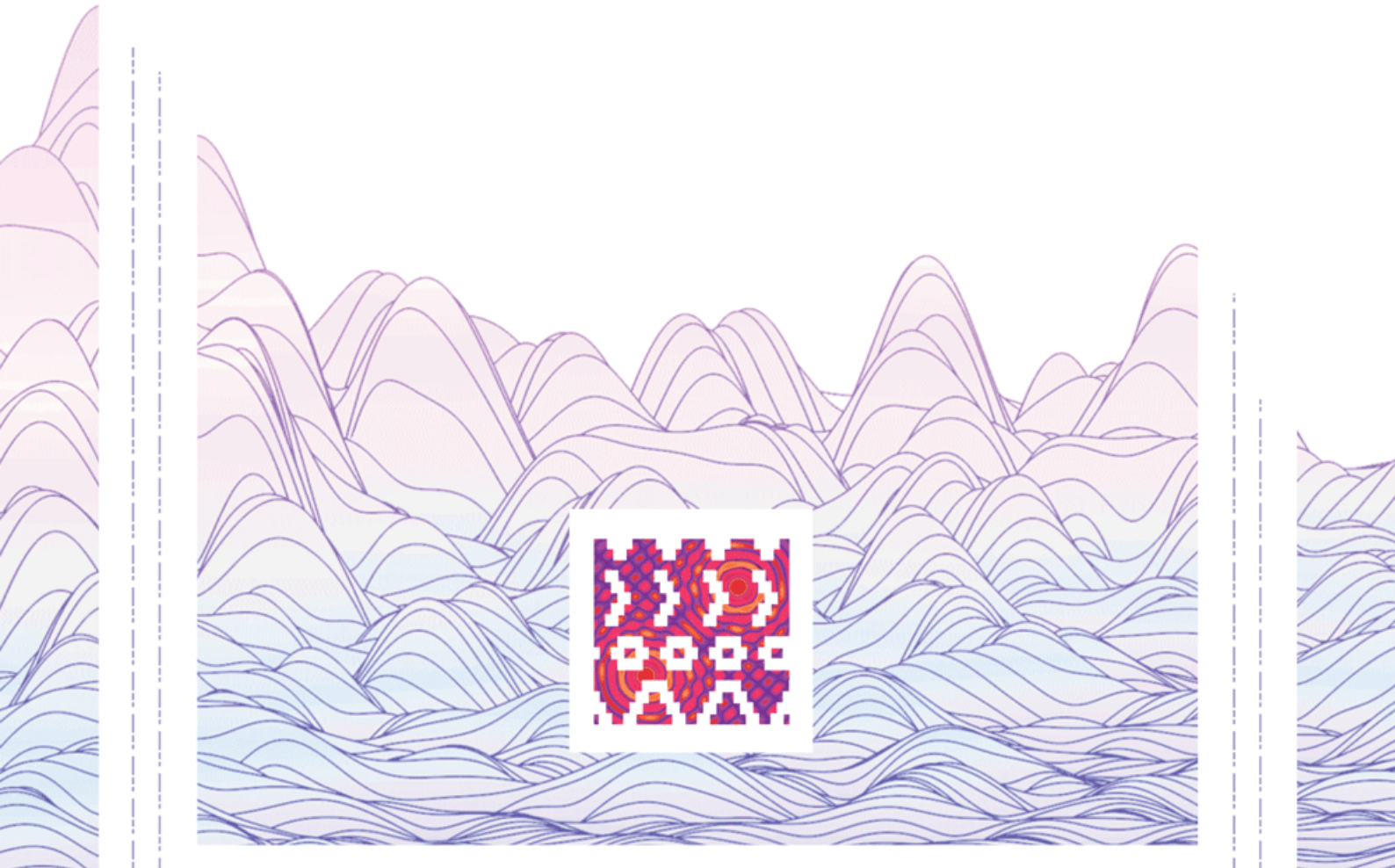
CFA/VISHNO 2016

Plateforme de diffusion des données du réseau Rumeur (réseau urbain de mesure de l'environnement sonore d'utilité régionale)

F. Mietlicki et C. Mietlicki
BRUITPARIF, 90-92 avenue du Général Leclerc, 93500 Pantin, France
fanny.mietlicki@bruitparif.fr



LE MANS

Pour répondre aux besoins des Franciliens et des acteurs de disposer d'éléments objectifs de caractérisation de l'environnement sonore, Bruitparif déploie le réseau de mesure RUMEUR. Stations fixes pour la surveillance sur le long terme, campagnes moyen terme pour évaluer l'impact d'aménagements ou d'actions, mesures de court terme pour caractériser des environnements spécifiques, valider ou compléter les cartes de bruit, le dispositif s'adapte aux différents enjeux. RUMEUR compte à ce jour plus d'une cinquantaine de stations automatiques actives et plus de 500 mesures de moyen ou court terme déjà réalisées. Ces mesures sont réparties sur toute l'Île-de-France et permettent de caractériser différents types d'exposition au bruit. La diffusion des données du réseau RUMEUR se fait par l'intermédiaire d'une plateforme internet particulièrement évoluée qui permet d'avoir accès aux mesures en temps réel et d'accéder tant aux niveaux de bruit instantanés qu'aux indicateurs agrégés au pas de temps souhaité et aux statistiques d'évolution. La plateforme donne également accès aux résultats de l'indice grand public développé dans le cadre du projet européen Life Harmonica. L'application a été conçue dans l'objectif de donner le maximum de transparence à l'information en rendant facilement compréhensible et intuitive la manière dont le bruit fluctue au cours du temps.

1 Introduction

Bruitparif est une association créée en 2004 à l'initiative du Conseil régional d'Île-de-France pour développer un outil de caractérisation objective de l'environnement sonore sur le territoire francilien (12 000 km^2, 12 millions d'habitants). L'association fédère une centaine de membres, acteurs de la lutte contre le bruit en Île-de-France : le Conseil régional, les services et établissements publics de l'Etat, les collectivités territoriales, les activités économiques, les professionnels de l'acoustique et les associations de défense de l'environnement et de protection des consommateurs.

Bruitparif développe et exploite un réseau innovant de surveillance du bruit urbain appelé RUMEUR. Le réseau est actuellement composé de 50 stations permanentes de mesure, avec un accent particulier mis sur la surveillance du bruit des avions. Ce réseau est encore en phase de croissance pour renforcer la documentation du bruit des transports terrestres et tenir compte des problématiques émergentes, comme par exemple la gestion des nuisances sonores. Il est aussi en perpétuelle évolution pour intégrer de nouveaux outils ou de nouvelles méthodes d'évaluation comme par exemple les capteurs de bruit miniatures ou encore l'indice Harmonica. Le réseau actuel réunit des technologies avancées telles que l'identification acoustique des événements sonores au moyen de la direction de provenance du bruit. RUMEUR intègre également des solutions innovantes en termes de gestion de l'énergie. Les stations les moins consommatrices sont alimentées par des panneaux solaires alors que des mobiliers urbains spécifiques appelés Sonopode® ont été spécialement développés par Bruitparif pour permettre d'intégrer une pile à combustible conférant une autonomie de fonctionnement de 6 mois. Toutes les données recueillies et les valeurs calculées sont visibles à travers une plateforme d'information temps réel sur internet.

2 Les objectifs poursuivis à travers la mise en place du réseau de mesure RUMEUR

Le développement du réseau de mesure Rumeur répond à de multiples enjeux :

Enjeux de compréhension des phénomènes :

- Mieux connaître les facteurs d'influence du bruit (conditions de trafic, paramètres météorologiques, topologie du tissu urbain, …).
- Suivre l'évolution du bruit au cours du temps en relation avec les évolutions des moyens de transport, des déplacements, des attentes sociales…
- Disposer de données d'exposition pour permettre la réalisation des études épidémiologiques « bruit et santé » ou des études des impacts socio-économiques du bruit.
- Compléter la démarche de cartographie du bruit en disposant d'éléments de validation ou de calage pour les cartes de bruit établies par modélisation.
- Améliorer la connaissance, donc la maîtrise des effets cumulés des transports en matière de bruit, de pollution, d'impact paysager…

Enjeux d'évaluation des actions :

- Evaluer l'efficacité de décisions temporaires ou définitives, locales ou globales.
- Anticiper, suivre et capitaliser les connaissances lors de la réalisation de grands projets.
- Disposer d'indicateurs de suivi relatifs à la prise en compte du bruit dans les politiques de déplacement et d'aménagement du territoire.

Enjeux d'information et de porter à connaissance :

- Répondre à une des principales préoccupations des habitants concernant la qualité de leur cadre de vie et de leur santé.
- Apporter une information publique, claire, transparente et indépendante, sur la situation passée, présente et future en matière d'environnement sonore - les indicateurs issus de mesures bénéficiant d'une crédibilité plus élevée auprès de la population que les indicateurs calculés issus d'une modélisation).
- Donner aux citoyens et aux différentes parties prenantes de la lutte contre le bruit, les moyens de comprendre et d'analyser les nuisances sonores.

- Permettre une quantification de l'exposition au bruit plus précise et plus ciblée que ce que permet la cartographie obtenue par modélisation.
- Fournir des bilans statistiques de l'environnement sonore sur un territoire.
- Mettre à disposition des données objectives utiles dans le cadre des consultations du public et des réunions de concertation.

3 L'élaboration de la stratégie de surveillance et le dimensionnement du réseau

Le bruit est une pollution d'une nature particulière, qui revêt un caractère beaucoup plus localisé que la pollution de l'air par exemple. Les sources de bruit ont généralement un impact plus local, les niveaux mesurés décroissant rapidement en fonction de la distance à la source, et un rideau de bâtiments pouvant par exemple suffire à constituer une protection efficace contre une route à grande circulation. Seul le bruit du trafic aérien échappe en partie à cette spécificité.

Ainsi, l'implantation d'un réseau de mesure est une tâche particulièrement délicate en termes de stratégie de surveillance. Le nombre de points de mesure est certes dépendant de l'étendue du territoire mais il serait illusoire de vouloir couvrir de manière exhaustive un territoire, même restreint. L'approche alternative consiste donc à définir une sélection de sites qui doivent présenter une certaine représentativité territoriale et répondre à des objectifs précis tenant compte des enjeux du territoire.

Le travail de cartographie du bruit qui a été réalisé dans le cadre de la mise en place de la directive européenne constitue en général un préalable important à la définition de la stratégie de déploiement d'un réseau de mesure. L'analyse des cartographies du bruit élaborées dans le cadre de la directive européenne 2002/CE/49 s'avère en effet être un bon point de départ pour hiérarchiser les enjeux en termes de contribution des différentes sources de bruit à l'exposition des populations (trafic routier, ferroviaire, aérien, activités industrielles…).

La conduite de campagnes de mesures temporaires de grande envergure permet également de compléter et d'affiner les analyses établies à l'aide de cartes de bruit, notamment pour les autres sources de bruit potentielles peu ou pas modélisables (bruit des activités commerciales ou de loisirs par exemple).

A un niveau plus local, le travail de concertation avec les élus locaux, régionaux, les représentants institutionnels, les citoyens organisés ou non en associations peut également aider à hiérarchiser les enjeux en termes d'observation.

Enfin la stratégie de surveillance doit également s'alimenter des évolutions à venir en matière d'aménagement du territoire (grands projets d'infrastructures, grandes opérations de renouvellement urbain, schéma directeur d'urbanisme…).

A l'échelle d'un territoire, il est généralement utile de proposer une répartition des sites de mesure relativement équilibrée afin de faciliter l'acceptation par le grand public et les autorités locales.

Fort de la collecte de toutes ces informations, de leur analyse, et de l'existence de volontés et de financements sur lesquelles il sera possible de s'appuyer, un plan d'implantation des secteurs visés pour l'installation de mesures peut être élaboré.

4 Le choix des échelles temporelles en fonction des objectifs poursuivis

Différents types de mesure peuvent être mises en œuvre selon les objectifs poursuivis.

Les mesures de long terme (durée indéterminée) effectuées à l'aide de stations fixes permanentes : elles permettent de disposer d'indicateurs de suivi de l'évolution globale à long terme des nuisances sonores.

Les mesures de moyen terme (sur des durées compatibles avec les phénomènes à mettre en évidence pouvant aller de quelques semaines à plusieurs années) : elles permettent d'évaluer l'impact acoustique de modifications structurelles telles que des grands projets urbains (créations ou modifications de voiries, création des parc urbains, éco-quartiers…), des modifications de trajectoires et de procédures de vol pour les aéronefs, ou encore la mise en place de solutions de réduction du bruit (remplacement de revêtements de chaussée, réduction de vitesse,…). Elles s'accompagnent souvent d'une analyse spécifique de la situation « avant / pendant /après ».

Les mesures de court terme (plusieurs heures à plusieurs semaines) réalisées à l'aide de matériels semi-mobiles (valises de mesure, véhicule laboratoire) afin de compléter le dispositif de mesure permanent par :

- la documentation fine (approche de type « zoom ») de l'ambiance sonore d'un secteur d'intérêt (zones critiques de bruit, lieux emblématiques, zones calmes, situations de multi-exposition…) ;
- la quantification de l'impact d'événements particuliers temporaires (grande manifestation, chantier, événement festif de rue, journée sans voiture, aménagements provisoires…) ;
- la réalisation de campagnes de mesure sur un nombre de points de référence sélectionnés pour la mise en cohérence ou la validation des cartes de bruit.

5 L'exploitation du réseau de mesure

L'installation du réseau de mesure et son exploitation implique de rassembler des compétences très variées qui peuvent être mobilisées, soit en interne, soit par l'intermédiaire de sous-traitances ou de partenariats extérieurs :

- Des compétences techniques afin de pouvoir faire les bons choix technologiques concernant les matériels en charge de la mesure du bruit, mais également ceux qui permettront de recueillir d'autres types de données (météo, comptage du trafic,…),

une gestion optimisée de l'énergie ou encore un transfert des données efficace.

- Des compétences mécaniques et électriques pouvant nécessiter des habilitations spécifiques (travail en hauteur, habilitation électrique), afin d'être capable d'adapter l'installation des matériels aux différentes configurations d'implantation qui peuvent être rencontrées sur le terrain.
- Des compétences de plus en plus pointues en informatique et en réseaux de télécommunications afin d'être en capacité d'assurer le rapatriement des données acquises par les stations de mesure et de mettre en œuvre les solutions matérielles et logicielles adaptées au stockage, à la sauvegarde, au traitement et à la diffusion des données de mesure collectées. Un réseau de mesure doit reposer sur un système d'information performant permettant de mettre à la disposition des citoyens, les données observées ainsi que les indicateurs produits.
- Des compétences en métrologie acoustique afin d'être en mesure de vérifier au quotidien la qualité des données brutes de mesure produites et mettre en œuvre les procédures nécessaires de vérification, d'étalonnage et de maintenance des matériels.
- Des compétences en traitement de données afin d'exploiter les données collectées par les stations et de produire des rapports d'analyse ou des études.

La gestion d'un réseau de mesure nécessite par ailleurs de travailler avec de multiples partenaires, comme les gestionnaires de transport afin de pouvoir disposer de données sur les trafics routier, ferroviaire et aérien, qui permettent souvent d'approfondir l'analyse les mesures de bruit.

6 Choix des matériels

Une station de mesure du bruit est généralement constituée :

- d'une unité microphonique constituée au minimum d'un microphone métrologique, d'un préamplificateur et d'une protection anti-intempéries ;
- d'une unité d'analyse des signaux recueillis : les stations de mesure permettent en général de mesurer différents indicateurs élémentaires comme les niveaux Leq, LSlow et Lfast en pondération fréquentielle A ou C ;
- d'une mémoire interne permettant le stockage des données en local pendant une période suffisamment longue pour ne pas perdre de données en cas de panne ;
- d'une interface de communication permettant de récupérer l'ensemble des données et informations recueillies, voire de paramétrer, vérifier ou commander à distance les équipements.

Les chaînes de mesure doivent être capables de se synchroniser périodiquement sur une référence extérieure via le réseau, un signal GPS ou un signal radio.

Le choix du type de station dépend du type de bruit mesuré, des contraintes techniques liées à la nature du site et des objectifs de surveillance.

Lorsque le gestionnaire souhaite acquérir du matériel de bonne qualité métrologique, il devra vérifier que celui-ci répond aux critères définis dans la norme IEC 61672-1 : 2002, ou tout autre document équivalent, pour les instruments de classe 1 (respectivement de classe 2).

Outre les qualités métrologiques, une station de mesure du bruit doit également présenter des qualités techniques minimales afin de garantir sa pérennité sur le domaine extérieur (discrétion, respect des normes de sécurité d'un équipement du domaine public, solidité et résistance aux agressions extérieures, …).

Deux objectifs différents peuvent être poursuivis :

- La production de données dans un but d'information et de compréhension
- La production de données orientée vers l'obtention de mesures non discutables, voire opposable en vue de l'application de certaines réglementations.

Ces deux philosophies ne s'opposent pas et peuvent être mises en œuvre de manière complémentaire. C'est le cas par exemple autour des aéroports où il est d'usage de recourir à des dispositifs de mesure de très bonne qualité métrologique (classe 1). Par contre, pour d'autres usages comme par exemple le recalage d'une carte de bruit routier à l'échelle d'une rue ou d'un quartier, une précision métrologique de classe 2 peut s'avérer suffisante.

Dans certains cas de figure, des fonctionnalités spécifiques peuvent être mises en œuvre, par exemple la détection automatique d'événement par analyse de la provenance du son ou la classification par famille de sources au moyen de l'analyse des données spectrales).

7 Sites et choix d'implantation

Les choix d'implantation doivent tenir compte des objectifs visés mais également des contraintes de terrain. Plusieurs visites sur site, une concertation avec les services de la collectivité voire les associations de riverains, et la réalisation préalable de mesures de court terme s'avèrent généralement nécessaires afin de trouver le meilleur compromis.

Lorsqu'un site est déployé pour surveiller le bruit émis par une source de bruit bien déterminée, il est nécessaire de choisir le site de manière à réduire le plus possible l'impact des autres sources. Les emplacements de mesure sont normalement choisis de telle sorte qu'il y ait une vision optimale de la source sonore et de sorte que la propagation des ondes sonores son ne soit pas gênée voire bloquée par la présence d'éléments qui viendraient fausser les résultats.

La position du microphone de mesure par rapport aux façades de bâtiments et aux autres surfaces réfléchissant les ondes sonores est également importante et peut influer de manière significative sur les niveaux mesurés. Si le microphone de mesure est situé à plus de quelques mètres de surfaces réfléchissantes, il donnera une indication objective du niveau de pression acoustique incidente. A l'autre extrême, quand un microphone est placé directement sur une surface réfléchissante, comme une façade de bâtiment, les niveaux de pression sonore mesurés seront augmentés de 6 dB, car l'onde sonore incidente et l'onde réfléchie s'additionnement de manière cohérente. Certaines normes recommandent une position du microphone à 2 m

de la façade et une correction de 3 dB associée (ISO 1978; ASTM 1992). L'effet des réflexions de façade doit être pris en compte pour représenter le vrai niveau de son incident.

Les implantations de stations peuvent être faites sur le domaine public ou privé. Néanmoins, pour des questions de pérennité des installations et d'accessibilité pour les opérations de maintenance, les implantations sur domaine public sont à privilégier.

Plusieurs types d'implantation peuvent être réalisés :

- sur un candélabre, en général à une hauteur comprise entre 4 et 6 m du sol, de manière à ne pas être accessible facilement et à limiter l'impact des réflexions du bruit sur le sol.

- en terrasse ou en toiture de bâtiment public (mairie, bâtiments municipaux, établissements d'enseignement ou de santé…), à l'aide d'un mât solidement amarré. Le microphone est généralement positionné à une hauteur de 4 à 6 m au-dessus de la terrasse, de manière à limiter l'impact des réflexions du bruit sur la surface de la terrasse.

- en façade de bâtiment. Il existe différents types d'implantations qui varient en fonction de la hauteur du microphone par rapport au sol et de sa distance à la façade. Certains réseaux privilégient une implantation à 4 m de hauteur par rapport au sol et à 2 m de distance de la façade pour disposer de données de mesure faciles à comparer avec les résultats des cartographies du bruit. Certaines normes nationales exigent également de mesurer le bruit généré par le trafic routier ou le trafic ferroviaire à deux mètres en avant de la façade la plus exposée. Il existe également des implantations faites directement sur la façade. Pour ces implantations en façade, des facteurs correctifs doivent être appliqués à la mesure pour documenter le bruit incident (cf. plus haut).

- en champ libre sur l'espace public. Ce mode d'implantation est particulièrement adapté et recommandé pour la surveillance du bruit des aéronefs, où il est nécessaire de minimiser les perturbations de la propagation de l'énergie acoustique entre la source aérienne et le microphone. Pour cela, on privilégie les implantations sur les terrains relativement plats, dégagés le plus possible de tout obstacle et des surfaces réfléchissantes.

L'installation des matériels doit être faite de manière à respecter la réglementation en vigueur et à garantir la sécurité des personnels qui interviennent pour les opérations de maintenance comme celle du public. Elle doit également permettre de réduire au minimum les dommages possibles (actes de vandalisme, intempéries…).

Il est recommandé de prévoir une convention d'occupation de l'espace public avec la collectivité afin de préciser les caractéristiques d'implantation de la station, les modalités d'alimentation en énergie et de communication des données, les obligations du gestionnaire en matière d'assurance du matériel contre le bris et le vol caractérisé ainsi qu'en termes de responsabilité civile.

8 Alimentation en énergie

Plusieurs types d'alimentation peuvent être envisagés : raccordement au réseau électrique ou alimentation électrique autonome par panneaux solaires, batteries ou pile à combustible.

Le raccordement au réseau électrique reste souvent nécessaire lorsqu'on souhaite utiliser des chaînes de mesure de très bonne qualité ou bien transmettre des données fréquemment ou massivement.

Cependant, l'électronique numérique réalise depuis quelques années de grands progrès en termes de minimisation de la consommation électrique, avec l'apparition de composants toujours plus performants nécessitant une tension d'alimentation toujours plus faible. Ainsi, il est devenu possible de déployer des stations permanentes de mesure du bruit tirant exclusivement leur énergie d'un panneau solaire de taille raisonnable, à partir du moment où l'on accepte certains compromis sur la chaîne de mesure, et où l'on accepte également de ne rapatrier les données de mesure sur un serveur central qu'une ou deux fois par jour.

Un autre mode d'alimentation autonome, la pile à combustible au méthanol, est utilisé par Bruitparif au sein de mobiliers urbains spécifiquement conçus pour cela (Sonopode™). Ils permettent de disposer d'une autonomie énergétique d'environ 6 mois.

9 Maintenance et exploitation

Le gestionnaire du réseau doit appliquer, autant que possible, les normes disponibles, notamment si les mesures sont susceptibles de revêtir une valeur réglementaire.

Il est recommandé de mettre en œuvre un plan d'assurance qualité permettant de disposer d'une traçabilité des opérations de maintenance préventive ou corrective des matériels et de suivi de la qualité des mesures.

Les stations de mesure permettent généralement de réaliser des auto-calibrages (au minimum une fois par jour) afin de vérifier qu'il n'y a pas de dysfonctionnement avéré du système de mesure métrologique. Il existe différentes technologies d'auto-vérification allant de la simple injection d'un signal électrique jusqu'à l'intégration d'une source acoustique autonome à l'intérieur du microphone. Il est important de choisir un équipement qui permet réellement de vérifier l'intégrité de l'ensemble de la chaîne de mesure, capsule microphonique comprise. Outre ces opérations d'auto-vérification, il est nécessaire de procéder régulièrement à des vérifications manuelles sur site au moyen d'un calibreur externe, par exemple tous les 6 mois, voire de procéder à un étalonnage régulier au LNE pour les dispositifs de classe 1. Il peut également être utile de procéder à une évaluation du niveau de bruit de fond de la chaîne de mesure.

10 Infrastructure de transmission des données

La gestion d'un réseau de mesure nécessite de mettre en place une infrastructure de transmission des données. Les récents progrès technologiques dans ce domaine ainsi que les baisses de coût permettent de se reposer aujourd'hui quasi exclusivement sur les réseaux cellulaires des grands opérateurs, sans toutefois exclure de pouvoir recourir ponctuellement et de manière opportuniste à des connexions wifi ou filaires.

La transmission en temps réel ou quasi-réel des données peut être souhaitée par exemple pour les besoins d'information transparente du public ou être rendue nécessaire pour l'activation de modes « alerte » en vue d'une intervention réactive sur un chantier ou dans des lieux de loisirs par les responsables des activités bruyantes…).

11 Stockage des données

Une station de mesure réalise une série de mesures de l'intensité énergétique puis intègre et/ou applique un traitement statistique à cette intensité sur la période de référence (appelée durée d'intégration) préalablement définie (1/10s, 1s, 10s, 1min, 5min, 15min, 1h…). Elle fournit alors une donnée qu'on qualifiera d'« élémentaire ». Selon les cas, la station de mesure peut fournir des données élémentaires globales en dB(A), en dB(C) ou par bandes de tiers d'octave, ce qui multipliera par 30 environ le volume de données élémentaires. Certaines stations proposent par de stocker le signal audio en permanence, périodiquement, ou bien encore lors d'un franchissement de seuil ou lors d'un pic.

Il y a un grand intérêt à pouvoir stocker les données élémentaires fines (données seconde par exemple) afin de pouvoir construire a posteriori de nouveaux indicateurs.

12 Outils d'analyse et de validation

Le fonctionnement quotidien d'un réseau permet d'acquérir de multiples données (niveaux de bruit mais aussi trafic routiers, trajectoires radar des aéronefs, données météo, …).

Dans ce cadre, il est nécessaire de pouvoir disposer d'outils d'analyse permettant d'exploiter au mieux les données recueillies dans le cadre des objectifs poursuivis.

Il est également nécessaire de mettre en place des processus de validation des données permettant d'éliminer d'éventuelles valeurs erronées ou non représentatives des phénomènes que l'on cherche à mettre en évidence.

13 Plateforme de diffusion et d'information

La publication des données est un élément essentiel de l'exploitation d'un réseau de mesure.

Différentes formes de publication des données peuvent être mises en œuvre allant d'un bilan annuel de résultats à la mise en ligne temps réel de l'ensemble des données. Cela dépend de la stratégie et des objectifs d'information.

Dans le cas de Bruitparif, la volonté a été de mettre, à la disposition de tous, l'ensemble des données collectées de la manière la plus transparente possible en développant une plateforme de diffusion et d'information temps réel sur internet. Il s'agit de la plateforme Rumeur http://rumeur.bruitparif.fr

Bruitparif y a conçu une représentation graphique innovante qui a la propriété remarquable d'être indépendante de l'échelle de temps. En permettant de réaliser un «zoom profond» dans les données acoustiques, il est tout autant possible de visualiser les fluctuations du bruit en détail, seconde après seconde, que d'analyser les tendances à long terme sur plusieurs années, ce qui permet de comprendre la complexité et la nature fractale du bruit. Différents indicateurs de bruit sont publiés sur la plateforme rumeur : les indicateurs énergétiques (niveaux moyens par périodes) ainsi que des indicateurs événementiels avec les caractéristiques précises des pics de bruit, en particulier pour les avions. La plateforme diffuse aussi les résultats de mesure à l'aide de l'indice de bruit grand public Harmonica, développé dans le cadre du projet européen Life Harmonica entre 2011 et 2014 (cf. www.harmonica-projet.eu ainsi que www.noiseineu.eu).

La performance de la plateforme de consultation des données tient pour beaucoup à l'ergonomie ainsi qu'à la rapidité d'affichage. Cela a demandé un travail spécifique d'optimisation en termes d'accès aux données, de calculs, de transfert réseau et de représentation graphique.

La qualité des données et des indicateurs produits repose également sur l'implication des personnels qui veillent au quotidien au bon fonctionnement opérationnel des matériels de mesure, à leur maintenance et à la validation des données.

14 Conclusion

Outil de caractérisation objective de l'exposition au bruit des populations, le réseau de mesure développé pa Bruitparif est aussi un véritable outil d'aide à la décision permettant d'accompagner les pouvoirs publics dans la mise en œuvre de leurs politiques de prévention des nuisances sonores. Il se veut également un vecteur de sensibilisation à la problématique du bruit et un outil de communication à destination de chaque citoyen, à, travers l'interface de consultation des données particulièrement aboutie qui a été mise en œuvre.