

Acoustique du bâtiment

Acoustiques et Vibrations

Garantir le confort acoustique des occupants des bâtiments

L'industrialisation et l'urbanisation engendrent un accroissement des nuisances sonores. Certains dispositifs sont nécessaires pour garantir un confort acoustique minimal sur le lieu du travail et à domicile. Les nuisances sonores externes au bâtiment proviennent des trafics routier, ferroviaire et aérien, des activités industrielles à proximité ou du voisinage. Les sources internes peuvent être des installations et machines techniques, mais aussi, et surtout, les activités menées par les occupants du bâtiment. Dans les (plus grands) espaces, il est possible d'améliorer l'acoustique spatiale afin d'optimiser non seulement l'intelligibilité, mais aussi l'écoute de la musique.

Nous travaillons de manière à **résoudre les problèmes**. Nos services ne comprennent pas seulement les mesures, calculs et simulations (selon les techniques de pointe), mais aussi l'assistance, le conseil, l'établissement de devis, le suivi et les contrôles de chantier... Nous consacrons également une attention particulière à la faisabilité économique, la durabilité et l'applicabilité pratique des solutions.

Les critères en matière de bruit sont imposés par des lois, normes, directives, instructions techniques, exigences spécifiques ou établis selon des attentes particulières. Dans ce cas, on prend en compte les souhaits des architectes, des maîtres d'œuvre, des utilisateurs futurs...

Acoustique spatiale

Les exigences acoustiques dépendent de l'utilisation du local. Dans une salle de classe, un auditoire, une salle de théâtre... on souhaite obtenir une bonne intelligibilité dans tout l'espace. Dans un foyer, une salle polyvalente, un restaurant, un bureau-paysager... il faut que les conversations puissent

être intelligibles à courte distance, mais le but n'est pas que tout le monde puisse être entendu à plus grande distance. Dans les espaces réservés aux spectacles musicaux, les salles de répétition, ... on se base sur des exigences qui assurent une écoute optimale.

Une étude d'acoustique spatiale permet de traduire ces attentes en critères et conditions spécifiques qu'il faut respecter pour parvenir au niveau de confort souhaité. Ensuite, ces critères sont transformés en mesures et dispositifs concrets. Les matériaux adéquats sont sélectionnés, ainsi que les quantités, leur emplacement....

L'étude de sonorisation détermine le nombre optimal et le type de haut-parleurs, ainsi que leur emplacement. Des effets permettant de masquer les sons peuvent éventuellement être requis.

Des programmes de calcul spécifiques, tels les modèles de simulation acoustique, calculent les solutions ou les alternatives les plus optimales, les plus économiques et les plus durables.

Insonorisation des façades

Les mesures de protection passives pour une bonne isolation des façades et des toitures sont souvent les seules possibilités pour réduire jusqu'à un niveau acceptable le bruit perçu dans les espaces situés à l'arrière du bâtiment. On peut par exemple installer des vitrages acoustiques spécifiques, des systèmes de ventilation silencieux, des constructions de façades et de toitures pourvues d'une meilleure insonorisation... Un inventaire détaillé de la composition des vitrages, des types de grilles de ventilation, de la composition des châssis de façade, de la composition des éléments légers et lourds de la façade et du toit... est établi, une attention particulière étant portée aux jonctions de façades, au dimensionnement des joints... Dans l'autre direction, il faut également veiller à réduire suffisamment le niveau du bruit qu'un bâtiment émet vers l'environnement, par exemple dans le cas de fêtes, spectacles, séances de danse, espaces dévolus aux machines... à l'intérieur des bâtiments.

Des simulations permettent de déterminer les caractéristiques acoustiques d'une pièce. L'espace est modélisé de façon géométrique en 3D. Les caractéristiques acoustiques des surfaces sont entrées. Depuis les différentes sources (emplacement, capacité, spectre, directivité...), on envoie des rayons et leur parcours est ensuite déterminé en fonction des réflexions. Du côté des récepteurs, un réflectogramme décrit la réception des différents rayons dont l'amplitude est atténuée. Les paramètres acoustiques dérivés sont déterminés par cette méthode. En adaptant la géométrie ou les matériaux, il est possible d'améliorer la qualité acoustique de façon spécifique.

Bruit des installations

Le niveau sonore provenant des installations techniques (ventilation, chauffage...) est contrôlé dans le local afin de s'assurer que celui-ci ne dépasse pas la limite de confort acoustique. Les vitesses maximales de l'air dans les conduits peuvent éventuellement être adaptées, les appareils peuvent être équipés d'enceintes, et l'insonorisation peut aussi être assurée grâce à des fixations adaptées des conduites. L'installation et la fixation d'appareils sanitaires peuvent également être décrites et les détails des ascenseurs, des mesures d'atténuation du bruit

pour les conduites, les machines réfrigérantes, les installations de chauffage, les groupes de secours... peuvent être calculés. Des équipements permettant d'atténuer les vibrations peuvent également être prévus pour des appareils et/ou des machines émettant des vibrations.

Des équipements techniques installés à l'extérieur (ventilateurs de toit, groupes frigorifiques, cheminées...) ou qui donnent sur l'extérieur (ouvertures de ventilation...) peuvent aussi engendrer des nuisances sonores pour l'environnement.

Technique de mesure

Mesure du niveau sonore, monitoring du bruit (ambulante ou longue durée), mesure du niveau et du spectre, seuils pour les enregistrements audio), mesure de la réverbération, mesure des bruits aériens et des bruits de choc (ISO-140, ISO-717), mesures MLS (détermination des paramètres d'acoustique spatiale tels que Clarity C-80, Définition D-50, RASTI, LEF... par réponse impulsionnelle, obtenues grâce à une source sonore pseudo-stochastique)...



Acoustique du bâtiment

Acoustique et Vibrations

Insonorisations des bruits ariens et des bruits de choc

À l'intérieur d'un bâtiment, les activités humaines, les appareils et les équipements techniques peuvent engendrer des nuisances sonores vers les espaces ou bâtiments voisins.

Les exigences acoustiques des constructions de séparations dépendent de la fonction des espaces émetteur et récepteur. Elles sont à déterminer pour la totalité du bâtiment. En fonction de ces besoins, entre autres, on peut dimensionner la construction de séparation.

La présence d'éléments tels que portes, fenêtres intérieures, volets... doit être prise en compte. En outre, le bruit est également transmis par la continuité des murs, des sols, des façades, des sols surélevés, des faux plafonds... attenants à ces constructions (voies latérales et bruits de circulation ISO-12354). Les jonctions entre ces séparations et d'autres constructions peuvent aussi

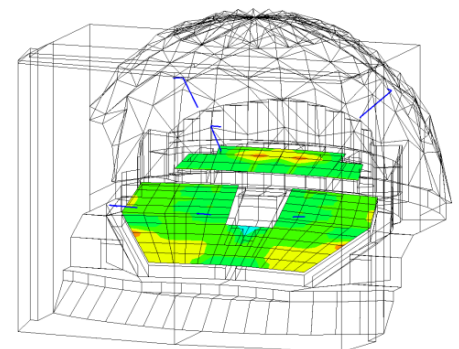
affaiblir l'insonorisation globale, tout comme les joints et les fissures. Le passage de conduits et les tuyauteries peut également transmettre le bruit via les traversées, les parois des conduits ou par les conduites eux-mêmes ou via les ouvertures des conduits.

Les bruits de pas, le déplacement de tables et de chaises, des enfants qui jouent, une porte qui claque, des interrupteurs... sont autant de bruits par contact qui sont immédiatement transmis à la structure du bâtiment et doivent être gérés spécifiquement, et pas uniquement via les critères mais aussi selon le type de solution souhaitée.

Applications

Parmi les applications typiques, on trouve les aéroports, les appartements, les atriums, les auditoriums, les salles de conférence, les cabines d'interprétation, les call centers, les églises et chapelles, les salles de cinéma, les palais de justice, les centres culturels, les

institutions d'enseignement, les ambassades, les halls d'événements, les bâtiments gouvernementaux, les hôpitaux, les hôtels, les bâtiments industriels, les bureaux-paysagers, les bibliothèques, les bureaux, les banques, les bâtiments institutionnels, les bureaux de police, les bâtiments de gare, les bâtiments de loisirs, les salles de répétitions musicales, les salles d'enregistrement et de mixage, les résidences, les restaurants et cafétérias, les complexes commerciaux, les piscines, les espaces techniques, les studios de télévision, les théâtres, les maisons communales...



Bruit des infrastructures ferroviaires

Acoustique & Vibrations

Assurer le confort sonore pour les usagers, les exploitants et les riverains.

La gestion acoustique des infrastructures ferroviaires est aujourd'hui un enjeu important de l'intégration des projets ferroviaires dans les paysages urbains et péri-urbains.

L'ensemble des infrastructures, installations et équipements impliqués dans le développement d'une ligne de transport public sont des générateurs potentiels de nuisances sonores.

Il est donc important de bien connaître ces phénomènes afin d'apporter des solutions permettant de rester dans les zones de confort sonore pour les usagers, les exploitants et les riverains.

Nous avons plus 100 ans d'expérience dans les domaines ferroviaires lourd et léger. Nous avons ainsi développé des méthodologies et outils nous permettant d'optimiser le confort acoustique, depuis les tracés des voies, les bâtiments techniques et traditionnels jusqu'aux centres de contrôle. Nous couvrons ainsi l'ensemble du domaine acoustique.

Le rail et ses équipements

Le déplacement du matériel roulant est une importante source de bruit. Une attention particulière est apportée pour identifier et maîtriser les générateurs de bruits tels que les rails, les caténaires et les postes de traction. L'objectif étant de respecter les normes imposées par la législation et les ambitions que se fixe le maître de l'ouvrage. Nous disposons ainsi d'un arsenal de méthodes et de techniques permettant d'apporter les mesures correctives nécessaires pour atteindre les objectifs fixés. A titre d'exemple, pour les voies, nous pouvons envisager la mise en place de matelas sous ballast, des chaussures traverses, des semelles rails, des dalles flottantes, ...

Le maintien de la voie est également à prendre en considération (réduire les vibrations du rail, ...)

Sites et bâtiments

Le bruit des trafics routiers, ferroviaires et aériens est une source importante et fréquente de pollution sonore dans les bâtiments. Dans le cadre de projets ferroviaires lourds ou légers, nous prenons en considération les bâtiments techniques tels que les zones de remisage et de maintenance, des zones de bureau et postes de commande. En effet, dans les zones techniques, une attention est portée au confort des agents et à la limitation des nuisances vers l'extérieur.

La première étape consiste à la réalisation du diagnostic de la situation existante. Ce diagnostic intègre les mesures que nous réalisons sur site. Nous modélisons ensuite le site et ces alentours pour réaliser des simulations. Ces simulations intègrent les sources que le projet va induire tel que le déplacement du matériel roulant et les opérations de maintenance.

Nous disposons ainsi des éléments nécessaires pour déterminer les niveaux sonores existants et futurs. Ces niveaux devront au moins satisfaire la législation ainsi que les ambitions fixées au départ. Si nécessaire, des mesures

d'amélioration sont proposées: des compositions de vitrage spécifiques, des différents types de grilles de ventilation, une composition de la menuiserie de la façade, une composition de murs légers et lourds et de la toiture. En point de mire les connexions des murs extérieurs et des dimensionnements des joints sont systématiquement réalisées. La connaissance détaillée des niveaux sonores incidents sur la façade en combinaison avec les calculs détaillés, permettent d'obtenir les solutions les plus économiques qui se traduisent par un niveau confortable à l'intérieur.

Agréments

Nous sommes agréés comme labo bruit et vibrations dans les trois régions de Belgique. Nous pouvons ainsi élaborer des études d'impact environnemental sur l'ensemble de notre territoire. Cette agrégation implique l'application de l'ISO-9001 étendue avec l'ISO-17025 pour un labo.

Les relations dose-réponse établissent la liaison entre le niveau d'exposition au bruit et le niveau de gêne. Ces relations permettent d'estimer, par exemple, le pourcentage de personnes gênées ou très gênées en fonction du niveau sonore d'exposition.

Missions

Nous assurons les missions suivantes:

- Diagnostics sonores de sites par mesures et calculs
- Modélisation et simulation 3D des propagations sonores
- Etudes d'impact environnemental de projets
- Représentations cartographiques des niveaux sonores
- Etudes acoustiques et propositions des protections phoniques (murs anti-bruits, isolation de façades, ...)
- Assistance à la rédaction des cahiers des charges

- Gestion des nuisances de chantier intégrant les circulations des véhicules, les types de machines, des dispositifs, appareils utilisés, ...
- Suivi de chantiers et réception des installations.

Cartographie sonore

La Directive 2002/49/CE du Parlement européen et du Conseil, du 25 juin 2002, relative à l'évaluation et la gestion du bruit dans l'environnement vise à lutter contre le bruit perçu par les populations.

Les indicateurs de bruit L_{den} et L_{night} sont utilisés pour l'établissement des cartes de bruit stratégiques. D'autres indicateurs peuvent être utilisés pour la planification, le zonage acoustique, les points noirs et une liste de priorité peut être établie. Des relations cause à effet sont aussi envisagées afin de permettre l'évaluation des effets du bruit sur les populations.

Les plans d'action visent à gérer les problèmes de bruit et les effets du bruit, y compris, si nécessaire, la réduction du bruit.



Infrastructures ferroviaires

Acoustique & Vibrations

Législation

Une parfaite connaissance de la législation et de son interprétation est impérative dans le cadre de nos études. Nous disposons d'une parfaite maîtrise des critères de bruit repris dans nos lois, normes et/ou directives. Que ce soit au niveau communal, régional (Vlarem II, Ordonnances Bruxelloises, Arrêté du Gouvernement wallon de 13 mai 2004 relatif à l'évaluation et à la gestion du bruit dans l'environnement, ...), fédéral ou supranational (Directives Européenne).

Les indices acoustiques

Il existe une grande variété de descripteurs acoustiques: des indices énergétiques (LAeq et ses dérivés comme le LDEN), des indices statistiques (L10, L50 ...), des indices de crête (L max), des indices d'événement (SEL Sound Exposure Level ou NNE Number of Noise Events).

Aussi, une proportion importante de composantes en basse fréquence peut augmenter considérablement la gêne.

L'impact est en fonction des intensités, des vitesses, du type de véhicule, de la géométrie, du sous-sol, de la stratification, des détails du bâtiment, ...

Études d'impact sur l'environnement (EIE)

Lors de la construction de nouvelles lignes, le maître d'œuvre utilise des murs ou écrans antibruit, des murs verts ou, si possible, des tranchées couvertes pour maîtriser la nuisance, lequel est estimé dans l'étude d'impact. Cette étude mesure la situation existante, calcule la situation future, évalue les effets et propose des mesures pour limiter l'impact.

Sanitations

A pour objectif de déterminer les mesures de protection nécessaires pour limiter ou éliminer le transfert des nuisances en fonction des distances et des objets (murs, accotements, ...). Les mesures protectrices peuvent être de type blindage ou de réflexions. Dans certains cas il est souhaitable d'intervenir aux sources de bruit. Par exemple placement des matelas sous les ballastes dans le cas de pose de voies.

Mesures acoustiques

Mesures ambulants ou sans pilote, bruit spécifique, mesures spectrales (1/1, 1/3 bandes d'octaves), enregistrement sonore des événements, mesures radar

complémentaires, mats jusqu'à 6m de hauteur, A l'émission mesures suivant l'ISO-3095 incluant aussi l'amortissement des ondes dans les rails.

Simulations numériques

Pour l'acoustique environnementale les méthodes de calcul sont normalisées (SRM-II, XPS/31133, ...) en fonction de la source et élaborée dans les logiciels de Geomilieu et IMMI.

Quelques références

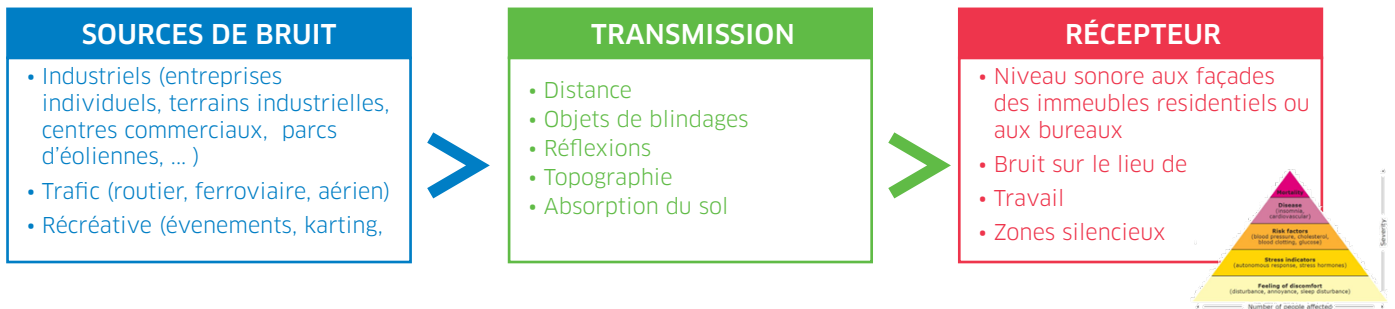
NLiaison Nord-Sud Anvers, LGV L2 Bruxelles vers la frontière allemande, LGV L1 Bruxelles vers la frontière française, Sloelijn Nederland, Tramway à Flanders Expo Gand, Hoboken, Mortsels, Boechout, ..., Gare Léopold, Tunnel de Soumagne, Spartacus Tram, Tunnel ferroviaire Liefkenshoek à Anvers, Impact ferroviaire au RBC, Metro Sao Paulo Linha Leste, Projet Européenne Convurt, Projet Diabolo de Zaventem à Malines, Tram à la côte, Eurotunnel, Rhine de Fer, Cartographie de bruit ferroviaire en Flandres, Etude d'impact environnemental L50A - L55 - L36, plan d'action Ville d'Anvers, Hôtel Radisson au-dessus du métro de Paris, Radisson Hotel above Paris Metro, ...

Acoustique Environnementale

Acoustiques et Vibrations

La surveillance des nuisances sonores dans l'environnement extérieur

L'exposition à des niveaux sonores trop élevés engendre des troubles auditifs. Une exposition prolongée à des niveaux sonores élevés entraîne un accroissement du stress et des problèmes de santé (hypertension, troubles cardiaques, EVCI). Dans tous les cas, la nuisance sonore est inconfortable. Le bruit dans l'environnement doit être limité. Le bruit provenant des infrastructures (trafic routier, ferroviaire et aérien) fait partie intégrante de notre mode de vie. Les autres sources importantes de nuisances sonores sont de nature industrielle (souvent regroupées en zones industrielles) ou récréative (événements, festivals). En fonction du type de source et de l'emplacement et de la nature du récepteur, des limites de tolérance sont fixées. Il est parfois nécessaire d'agir à la source, au niveau de la transmission ou même au niveau du récepteur.



Critères

Les critères en matière de bruit sont imposés par des lois, des normes et/ou des directives. Les lois peuvent être imposées à un niveau communal, régional (Vlarem II, ordonnances bruxelloises...), national (AR de fév '77 fixant les normes acoustiques pour la musique, projet d'AR de '91 sur le bruit dans l'environnement, AR de jan 2006 relatif à la protection contre le bruit sur le lieu de travail) ou supranational (européen).

Agréations

Tractebel est agréé comme laboratoire d'étude du bruit et des vibrations dans les trois Régions de Belgique. Un autre type de reconnaissance est exigé pour l'élaboration d'études d'impact sur l'environnement. Les conditions pour obtenir cette reconnaissance comprennent notamment l'idée de qualité de la norme ISO-9001, complétée par la norme ISO-17025 spécifiquement pour des laboratoires.

Assainissement

Les mesures doivent tout d'abord être envisagées à la source (nature, type et procédé, enceinte), puis au niveau de la transmission (blindage), et en dernier lieu, au niveau du récepteur (protections auditives, meilleure isolation de bruit des toitures et façades).

Des simulations permettent de mesurer l'impact du bruit sur l'environnement, et de vérifier ainsi que les situations sont acceptables. Cette technique permet de schématiser l'emplacement et l'intensité des dépassements éventuels, afin d'avoir une bonne idée des améliorations nécessaires. Un modèle de calcul permet également d'apporter divers changements et de calculer leur effet. Les techniques de calcul de la transmission, entre la source et le récepteur, sont définies par des méthodes de calcul normalisées (ISO-9613, SRM-II, INM). Dans ce contexte, on tient compte des sources sonores (nature, emplacement, taille...), des bâtiments et structures présents (isolation et réflexion), de la topographie (absorption, isolation), ...

Cartes de bruit et plans d'action

Une carte de bruit représente souvent un instrument essentiel de l'estimation et de l'assainissement de l'impact sonore des projets industriels et d'infrastructure.

La directive européenne 2002/49/EG impose l'élaboration de cartes de bruit à grande échelle représentant le bruit dans l'environnement (trafic routier, ferroviaire et aérien et sources industrielles en agglomération). Des bases de données SIG sont utilisées. Les niveaux sonores en-dehors des habitations peuvent être

visualisés sur des cartes colorées. Des recensements du nombre de bâtiments et d'habitants sont effectués en fonction des nuisances provenant de la façade. En raison de l'ampleur de ces cartes, les calculs sont effectués par des dizaines de processeurs grâce à des techniques client-serveur.

L'objectif est de parvenir à des plans d'action. On détermine le nombre de nuisances (strictement définies en fonction de la source) et de perturbations du sommeil. Des analyses « Hot spot » permettent de déterminer la densité de ces

nuisances. Dans ce type de situation, les assainissements s'avèrent plus efficaces, ce qui mène à une hiérarchisation des projets et des mesures.

Etudes acoustique

Les institutions soumises à des obligations légales en matière de bruit font l'objet d'une étude acoustique, lors de laquelle leur conformité est évaluée, ainsi que les mesures d'assainissement qui doivent éventuellement être mises en place.



Acoustique Environnemental

Acoustiques et Vibrations

Protections des travailleurs

Il importe de restreindre l'exposition des travailleurs à des niveaux sonores trop élevés. Ceux-ci sont avant tout évalués grâce à des campagnes de mesures spécifiques. Dans le cas des personnes qui se déplacent beaucoup, la dosimétrie peut apporter des informations supplémentaires. Les mesures prises sont, outre la diminution de la source sonore, la répartition en zones et son affichage, l'information des travailleurs et la mise à disposition ou l'imposition d'équipements de protection individuelle (EPI).

Etudes d'impact sur l'environnement

Pour de nombreux projets, l'obtention d'un permis de construire et d'un permis d'environnement requiert tout d'abord d'évaluer l'impact environnemental et d'en débattre.

Technique de mesure

Au niveau du récepteur

Bruit équivalent (ambulant ou sans intervention humaine) par heure, par partie de journée ou par jour (Leq, Ldn,

Lden), et paramètres statistiques éventuels (L01 tem L99), simultanément pour plusieurs postes de mesure et plusieurs jours, jusqu'à un contrôle (semi-)permanent (en temps réel); détermination du bruit spécifique ou détermination de l'impact en fonction de la source; mesure globale non pondérée ou mesure pondérée sur A, B, C ou D, ou mesure du spectre (bande d'octave, bande de tierce ou bande étroite); détecteur fast, slow, peak ou impulse; enregistrement audio d'événements; mesures de trame ambulantes sur le lieu de travail; dosimétrie; bruits de fond; mesures météorologiques; mesures radar (détection et mesure de la vitesse des véhicules); mâts pour des hauteurs de mesures plus élevées; fonctions d'alerte avec déclencheur intelligent (visuel, auditif, internet), couplé à une connexion internet.

A la source

Détermination de la capacité des sources acoustiques (Stüber), spectrales ou non, avec mesure de la pression acoustique ou de l'intensité; mesures Statistical Pass By (SPB) et Close Proximity (CPX) pour les trafics routier et ferroviaire.

Mesures combinées

L'émission spécifique à la source est identifiée grâce à une mesure supplémentaire prise à proximité de la source; les mesures de transmission (à proximité et à distance de la source, devant et derrière un écran, entre intérieur et extérieur) selon une mesure de niveau ou une séquence MLS définie (moins sensible aux bruits de fond), pour éventuellement déterminer l'efficacité des dispositifs.

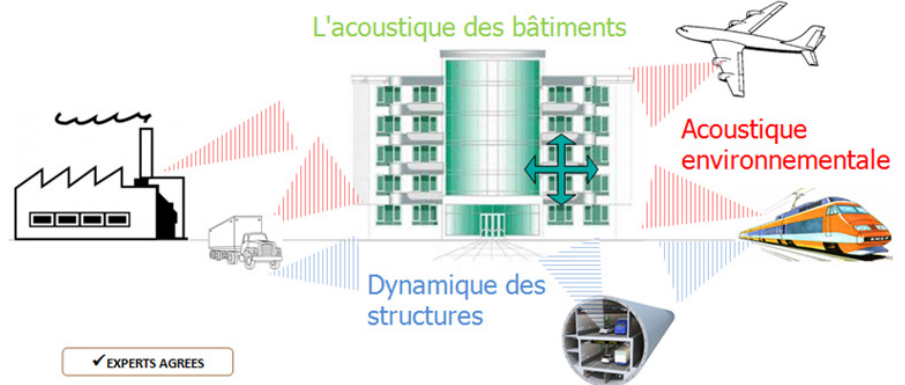
Applications

... études d'impact sur l'environnement, études acoustiques agréées, bruit provenant de l'industrie, bruit sur le lieu de travail, bruit lié aux trafics routier, ferroviaire et aérien, bruit du voisinage, assainissements du bruit, installations récréatives (stands de tir, karting...), zonage du bruit, quartiers silencieux, institutions musicales et événements (halls), centres commerciaux, parcs d'éoliennes (sur terre et en mer), ...

Acoustique et Dynamique des Structures

Acoustiques et Vibrations

La gestion des nuisances sonores et vibratoires et l'amélioration de la qualité acoustique.



Acoustique environnementale

L'exposition à des niveaux sonores trop élevés engendre des troubles auditifs. Une exposition prolongée à des niveaux sonores élevés entraîne un accroissement du stress et des problèmes de santé. Le bruit dans l'environnement doit être limité. Les nuisances sonores provenant des trafics routier, ferroviaire et aérien sont fortement présentes dans presque toutes les régions. Les autres sources importantes de nuisances sonores sont de nature industrielle ou récréative. La gestion du bruit qui provient de l'environnement et qui a un impact sur l'environnement relève du domaine de l'acoustique environnementale.

Acoustique des bâtiments

L'installation de dispositifs acoustiques dans et sur les bâtiments, quant à elle, relève de la discipline de l'acoustique des bâtiments. Celle-ci tient compte des sources de nuisances internes et externes. L'objectif à atteindre est un niveau de confort suffisant. Pour les grandes salles de réunions, salles de fête, théâtres ou salles de concert... le confort peut être amélioré grâce à une bonne acoustique des salles.

Dynamique des structures

Les vibrations perçues dans les bâtiments, liées ou non à des sources internes ou externes, ne peuvent pas constituer une nuisance. Elles sont également à l'origine du bruit aérien solide, lequel doit être davantage contrôlé, étant donné le caractère plus dérangeant des sons à basse fréquence. Dans des circonstances exceptionnelles, les tremblements de terre peuvent fragiliser la stabilité de la structure. Certains bâtiments, dans lesquels des appareils sensibles aux vibrations sont utilisés, doivent être en grande partie protégés contre toute influence des vibrations.



Des simulations permettent d'évaluer l'impact sonore et vibratoire de et sur l'environnement. On vérifie si des situations sont acceptables. Cette technique permet de schématiser l'emplacement et l'intensité des dépassements éventuels, afin d'avoir une bonne idée des améliorations nécessaires. Un modèle de calcul permet également d'apporter diverses modifications et de calculer leur effet. Les méthodes et logiciels de calcul diffèrent selon les disciplines. Pour l'acoustique des bâtiments, on utilise notamment la méthode du rayonnement, telle qu'elle est utilisée, par exemple, par Raynoise et CATT Acoustics. Pour l'acoustique environnementale, les méthodes de calcul sont normalisées (ISO-9613, SRM-II, ...) et fournies dans les programmes Geomilieu, IMMI et INM. Pour la dynamique des structures, la méthode des éléments finis est fréquemment utilisée, parmi l'environnement d'Ansys.

Acoustique environnementale

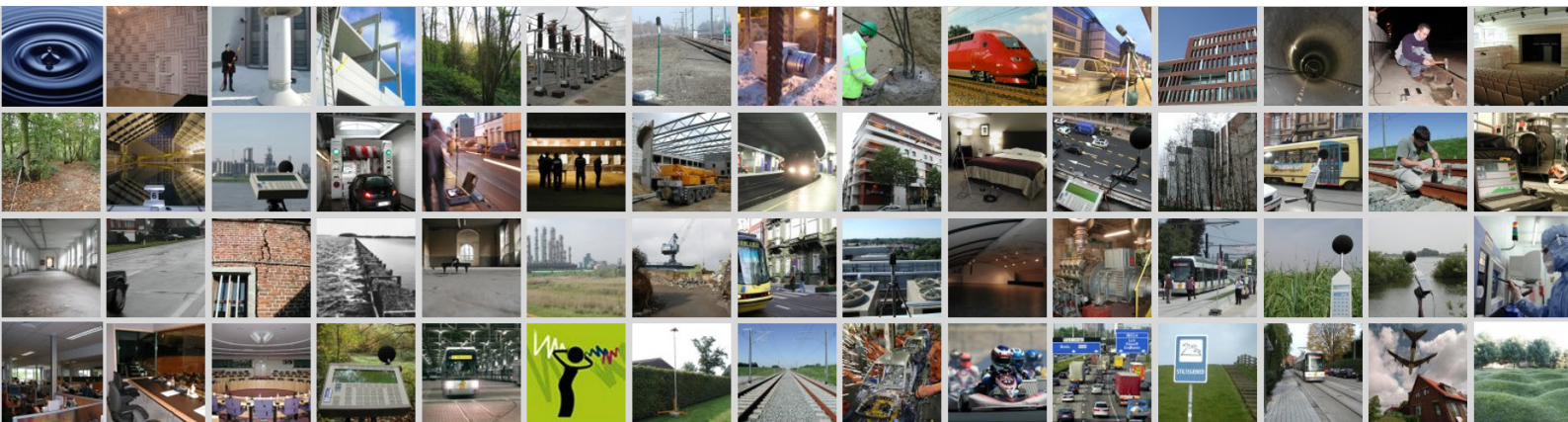
Protection au lieu de travail; études d'impact sur l'environnement; études acoustiques; cartes de bruit et plans d'action...

Acoustique des bâtiments

Bruit des installations; insonorisation de façade; insonorisation des bruits aériens et des bruits par contact; acoustique de salles; nuisances sonores vers l'environnement...

Dynamique des structures

Secousses sismiques; espaces et parties de bâtiments sans vibrations; entretien prédictif; nuisances vibratoires; conception dynamique des machines; analyses de la fatigue; ouvrages d'art; dynamique du rail; applications spéciales.....



Techniques de mesure

Acoustiques et Vibrations

Acoustique environnementale

Exposition sonore par heure, par partie de journée ou par jour, simultanément pour plusieurs postes de mesure et plusieurs jours; mesure globale ou spectrale; enregistrements audio d'événements; mesures de trame sur le lieu de travail; fonctions d'alerte avec déclencheur intelligent; détermination des sources acoustiques possibles; mesures de Statistical Pass By (SPB) et Close Proximity (CPX); mesures de transfert et d'efficacité.

Acoustique des bâtiments

Mesures de niveau; mesure du temps de réverbération; mesure des bruits aériens et des bruits de chocs (ISO-140, ISO-717); mesures MLS (détermination des paramètres d'acoustique spatiale, tels que Clarity C-80, Definition D-50, STI+RASTI, LEF, ... par réponse impulsionnelle).

Dynamique des structures

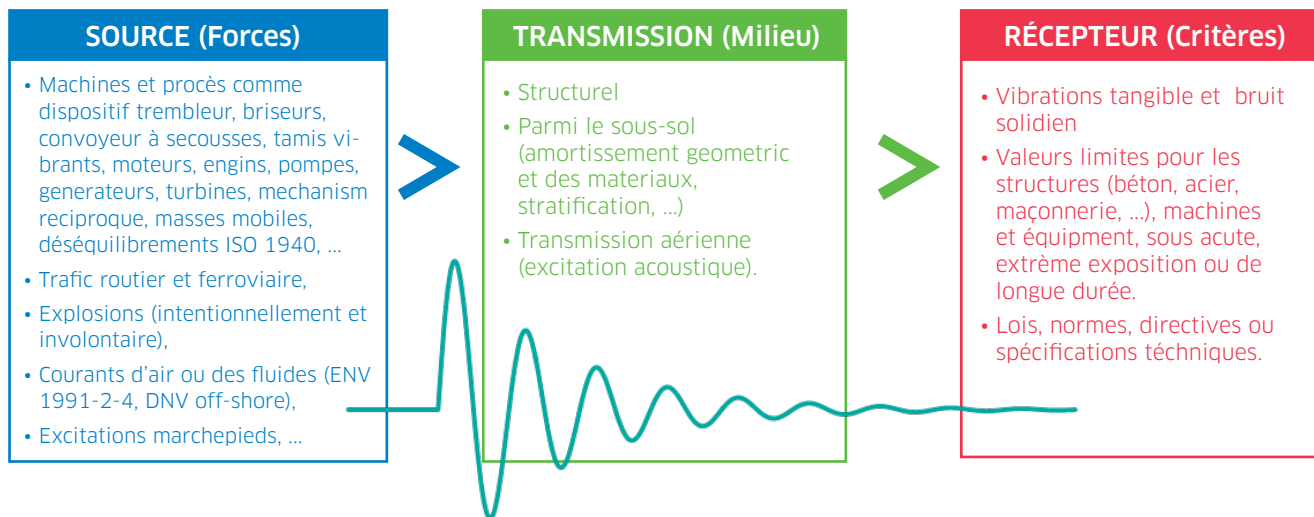
Contrôle des vibrations (DIN-4150, ISO-2631); étude des vibrations temporelle (valeur RMS instantanée et progressive) et fréquentielle (à bande étroite, bandes de tierce et d'octave) à plusieurs endroits et dans plusieurs directions simultanément (BBN-VC, ISO-10816); techniques de filtrage; Operational Deflection Shapes (ODS); fonctions de transfert (excitation par masse tombante); fréquences et modes propres; comportement modal.

Dynamique des structures

Acoustique & Vibrations

La gestion des niveaux de vibration sur les machines, dans les bâtiments et vers des personnes.

Les vibrations peuvent causer des nuisances aux personnes à leur domicile (confort), à l'extérieur (passerelles pour piétons, stades de sport ou d'événements) ou sur leur lieu de travail (effets pathologiques dus à l'exposition aux vibrations sur le lieu de travail). Le fonctionnement de certaines machines sensibles peut être entravé (microscopes électroniques, lithographes, projets nanométriques...). L'intégrité des structures peut être menacée, tant de manière aiguë (explosions, secousses sismiques pour les installations nucléaires ou parties de celles-ci) que par les phénomènes de fatigue. Le niveau de vibration des machines doit rester limité (alignement, déséquilibre, fondations adaptées...), et les défauts doivent être repérés à temps (roulements, engrenages, maintenance prédictive...).



Etudes de vibration

Les **critères** qui s'appliquent aux vibrations sont imposés par des lois, normes, directives ou prescriptions techniques.

Grâce à des **techniques de mesure** les sources et leurs effets peuvent être caractérisés. Des tests effectués au moyen de critères adaptés permettent d'évaluer le problème dynamique et décrivent en détail les améliorations à réaliser. Des excitations contrôlées donnent des

informations sur le comportement et les caractéristiques des structures et sur le trajet de transmission.

Pour atténuer les effets vibratoires, on peut travailler sur la source, la transmission ou le récepteur, ou encore sur une combinaison de ceux-ci (ex : fondations adaptées, disposition ou isolation de la source ou du récepteur, rigidité, flexibilité, détour ou isolation sur le trajet de transmission).

Au niveau du **transfert** des vibrations entre la source et le récepteur, l'effet des couplages et des transitions est très important (coupes, interactions sol-structure...)

Des modèles sont utilisés pour chiffrer les effets des différentes possibilités d'adaptation. Un modèle est toujours calibré, dans un premier temps, en fonction de la situation réelle mesurée.

Un modèle du comportement dynamique d'une construction permet de simuler les effets des solutions envisagées. Des calculs modaux, harmoniques, spectre, calculs transitoires et choc, calculs linéaires et non linéaires, plastiques, fatigue (rainflow, ...) ou autres sont possibles. Les analyses numériques (systèmes masse-ressort-amortisseur multiples, Matlab, Visual Basic ...) pour un nombre plus élevé de degrés de liberté est effectué avec la technique des éléments finis.

Etudes d'incidences sur l'environnement

Pour les projets EIE obligatoire, les effets des vibrations sur l'environnement sont décrits dans des études d'incidences sur l'environnement élaborées par des personnes agréées.

Conception dynamique des bâtiments

Le niveau de vibration d'un bâtiment peut être restreint à un niveau de confort et/ou d'utilisation en isolant suffisamment les sources de vibrations internes. Il faut ensuite dimensionner les éléments de la structure, de manière à éviter les amplifications de résonance dynamiques. Pour les vibrations provenant de sources externes, des dispositifs supplémentaires doivent être prévus (ex : gare, bâtiments proches d'une voie ferrée, bâtiments industriels à l'épreuve des explosions...).

Conception dynamique des machines

Le rendement des machines pourvues d'éléments rotatifs et mobiles, s'améliore en cas d'augmentation de productivité, laquelle est limitée par le comportement dynamique lorsque les vitesses et les forces augmentent.

Analyses de fatigue

Les structures soumises à des vibrations variables et à long terme peuvent subir des phénomènes de fatigue et exigent un dimensionnement adéquat au stade de leur conception.

Ouvrages d'art

Les constructions architecturales à grande échelle, notamment les bâtiments hauts, des cheminées, les ponts avec de longues portées (y compris les passerelles pour cyclistes et piétons) sont caractérisées par une masse importante et sont sujettes à des déformations considérables (à basse fréquence). On étudie donc le comportement dynamique de la structure à la charge variable.

Dynamique du rail

Détermination des nuisances pour l'environnement causées par le trafic ferroviaire et dimensionnement des mesures en apportant des adaptations au niveau de la pose des rails de train, tram ou métro (surface ou souterrains).

Secousses sismiques

Certaines structures architecturales doivent être résistantes aux tremblements de terre (Eurocode 8).

Le calcul se base sur un spectre d'excitation au niveau des fondations et est évalué conformément à la superposition des différents modes propres d'oscillation structurels pertinents (ex : secteur nucléaire).

Environnements sensibles

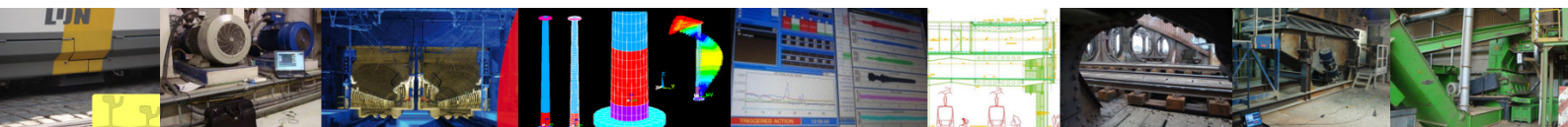
Certains secteurs utilisent des machines très sensibles aux vibrations (ex : micro-électronique, nanotechnologie, hôtels, hôpitaux, salles de concert...). Pour ces endroits, il est nécessaire de prendre des mesures extrêmes quant à la structure, à la fondation et au placement de sources de nuisances au voisinage immédiat des machines.

Entretien prédictif

Les processus industriels sont contrôlés régulièrement ou en continu, ce qui permet de prévoir et de diagnostiquer les problèmes lors de changements dans les vibrations (alignement, déséquilibre, roulement, engrenages...) afin de planifier l'entretien ou le remplacement nécessaire et d'éviter les pannes inopinées.

Nuisances vibratoires

Le trafic routier et ferroviaire, ainsi que les activités industrielles (usines, chantiers...), peuvent engendrer des nuisances pour les personnes. Sur le lieu de travail, on limite les vibrations mains-bras et les vibrations corporelles (AR du 07 juillet 2005).



Techniques de mesure

Contrôle des vibrations

Système de mesure autonome sur place pendant + de 24h, conforme aux normes DIN 4150 parties II et III, ou ISO 2631 avec évaluation.

Fonctions de transfert

La fonction de transfert (spectrale) peut être mesurée entre deux points structurels si la source est contrôlée et connue (ex : shaker, marteau, masse de chute...).

Les fréquences de résonance peuvent être identifiées. Avec un plus grand nombre de points de mesure, on peut déterminer les modes propres d'oscillation (comportement modal).

Forme de déflexion opérationnel

En combinant un grand nombre de points de mesure en service, on peut visualiser les mouvements harmoniques de la totalité de la structure pour les fréquences choisies.

Analyse des vibrations

Etude temporelle (valeur RMS instantanée et progressive) et fréquentielle (à bande étroite, bande de tierce et bande d'octave) à plusieurs endroits et dans plusieurs directions de manière simultanée (ex : BBN VC, ISO 10816). Adaptation de techniques de filtrage spécifiques. Sélection des capteurs (type, sensibilité, seuil

de bruit, domaine de fréquence...), conditionnement, alimentation, filtrage et détails d'acquisition.

Applications spéciales

Par exemple, le contrôle de l'intégrité de la structure sur la base du changement des caractéristiques dynamiques (ex : ponts) ; classement des produits sur la base des caractéristiques dynamiques (ex : qualité des œufs)...