

Le bruit des chantiers

Bernard MÉRIEL

Chef du département Sciences de l'environnement

Bernard BONHOMME

Chef de l'Unité technique acoustique opérationnelle

Laboratoire régional des Ponts et Chaussées de Blois

Introduction

L'activité liée aux chantiers est une des plus importantes sur le plan économique. On distingue les chantiers de bâtiment (construction de logements, d'usines, de bureaux, ...) et les chantiers de travaux publics, pour lesquels les travaux de voirie et réseaux divers (VRD) constituent l'essentiel de l'activité en milieu urbain.

Ces chantiers créent, dans leur voisinage, des niveaux sonores équivalents élevés, souvent supérieurs à 80 dB(A). Dès lors, il n'est pas étonnant que près de 10 % des plaintes formulées sur les nuisances urbaines aient pour origine les chantiers. Dans les enquêtes faites auprès d'échantillons de population, le bruit est le plus fréquemment cité (plus de 30 %), loin devant les perturbations du trafic, les poussières, les vibrations et la propreté.

Depuis le début des années 1980, de nombreux travaux sur le bruit des chantiers ont été effectués par le réseau des Laboratoires des Ponts et Chaussées (LPC) et notamment par le Laboratoire régional des Ponts et Chaussées de Blois. Le présent article en fait la synthèse.

La réglementation

Sur les chantiers

La prise en compte du bruit global émis par les chantiers apparaît dans le texte de la loi du 31 décembre 1992 relative à la lutte contre le bruit, dans le cadre des articles 6 et 12. L'article 6 - Titre I fait référence aux activités bruyantes permanentes ou temporaires ne figurant pas dans la nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement. Cette liste doit être définie par un décret spécifique non encore paru. La délivrance de l'autorisation sera subordonnée, entre autres, à la réalisation d'une étude d'impact. L'article 12 - Titre II, quant à lui, demande que les nuisances sonores provoquées par la réalisation des aménagements et infrastructures de transports terrestres soient prises en compte vis-à-vis de leurs abords. Le décret du 9 janvier 1995 (article 8) précise que le maître d'ouvrage devra fournir au Préfet et aux Maires des communes concer-

RÉSUMÉ

En milieu urbain, le bruit émis par les chantiers est une des nuisances les plus fréquemment citées.

La réglementation, en particulier pour les engins et matériels de chantiers, s'est largement développée depuis un peu plus de vingt ans et des directives européennes y ont fortement contribué à partir de 1984.

Dans cet article, les différents travaux réalisés en ce domaine par le réseau des Laboratoires des Ponts et Chaussées depuis 1980 sont décrits, notamment le développement d'une méthode de calculs prévisionnels élaborée par le Laboratoire régional des Ponts et Chaussées de Blois.

Les principaux moyens d'action et une projection sur les travaux à venir sont également présentés.

MOTS CLÉS : 50-15 - Bruit - Chantier - Zone urbaine - Réglementation - Équipement - Prévision - Gêne - Bâtiment - Construction (exécution) - Travaux publics - Méthode - Calcul.

nées, préalablement au démarrage d'un chantier, tous les éléments d'informations utiles : nature du chantier, durée, nuisances sonores attendues et mesures prises pour les atténuer. Le Préfet peut, si les nuisances attendues paraissent fortes, prescrire par arrêté motivé des mesures particulières sur le fonctionnement du chantier.

En conclusion, si la législation introduit la prise en compte, en amont, des problèmes de nuisances sonores des chantiers, il n'existe pas aujourd'hui une réglementation fixant des valeurs limites admissibles pour le bruit global émis par les chantiers. Il n'en est pas de même pour certains engins et matériels de chantier, comme nous le verrons ci-après.

Sur les engins et matériels de chantier

En France, le décret n° 69-380 du 18 avril 1969 a servi de base à la réglementation relative à la limitation de l'émission sonore des matériels et engins de chantier. Ce texte est abrogé par l'article 13 du décret n° 95-79 du 23 janvier 1995 fixant les prescriptions prévues à l'article 2 de la loi du 31 décembre 1992 précédemment citée, et relatives aux objets bruyants et dispositifs d'insonorisation. Par contre, les arrêtés pris en application du décret d'avril 1969 demeurent applicables jusqu'à l'entrée en vigueur des nouveaux arrêtés prévus dans le texte du 23 janvier 1995. Par ailleurs, ce dernier texte précise les procédures d'homologation, d'attestation et de déclaration dépendant de l'importance du risque de nuisances engendrées par les objets bruyants en question.

À partir de ce texte de base du 18 avril 1969, plusieurs arrêtés spécifiques ont été pris. Les premiers, datés du 11 avril 1972, s'appliquent aux engins et matériels à moteurs à explosion ou à combustion interne et aux groupes moto-compresseurs. Ils ont été suivis par d'autres textes pour les marteaux-piqueurs et brise-béton (4 novembre 1975), les groupes électrogènes de soudage (26 novembre 1975) et de puissance (10 décembre 1975).

Pour ces différents engins, à l'exception des brise-béton et marteaux-piqueurs où le niveau de puissance acoustique est retenu, les valeurs d'émission limites admissibles sont exprimées en niveau de pression acoustique à une distance donnée, généralement à 7 mètres. Si les moto-compresseurs et les groupes électrogènes de soudage ou de puissance ne répondent pas aux exigences réglementaires, ils ne peuvent être utilisés à moins de 100 mètres des immeubles.

À ces arrêtés, est annexée la méthode de mesure qui est conforme au code général des mesurages du bruit aérien émis par les matériels et engins de chantier décrit dans l'arrêté du 3 juillet 1979. Le site de mesure doit respecter les conditions d'environne-

ment de l'arrêté du 7 novembre 1977, c'est-à-dire les conditions de champ libre sur plan réfléchissant avec absence de réflecteur à proximité.

Au cours des années 1970, comme le montrent certains travaux (Gill, Henderieckx et Mertens, ...), des réglementations similaires se sont développées dans différents pays européens (Grande-Bretagne, Allemagne, Belgique, Norvège, Danemark, ...). C'est ainsi que, dans le cadre du rapprochement des législations des États-Membres, le Conseil des Communautés européennes a adopté, le 17 septembre 1984, six directives relatives aux matériels et engins de chantiers :

- > une directive-cadre fixant les dispositions communes ;
- > cinq directives particulières se rapportant à la limitation de l'émission sonore pour les groupes moto-compresseurs, les marteaux-piqueurs et brise-béton, les grues à tour, les groupes électrogènes de soudage et les groupes électrogènes de puissance, c'est-à-dire à l'exception des grues à tour, les engins ou matériels déjà cités dans la réglementation française.

Ces directives européennes ont été transcrites en droit français par des arrêtés datés du 2 janvier 1986.

Le texte concernant l'application de la directive-cadre décrit, notamment, les procédures mises en œuvre pour l'homologation, la vérification, l'examen et l'autocertification CEE.

Les autres arrêtés se substituent aux textes existants correspondants.

Pour l'ensemble de ces nouveaux arrêtés, les valeurs limites sont données en niveaux de puissance acoustique. Pour les matériels déjà réglementés, la comparaison des valeurs avant et après ces directives, montre un renforcement de l'ordre de 1 à 5 dB(A). Pour les grues à tours, l'émission sonore du mécanisme de levage est séparée de celle du générateur d'énergie. Dans ce dernier cas, il est fait référence aux valeurs limites pour les groupes électrogènes de puissance. L'étiquetage des niveaux de puissance acoustique est obligatoire et, pour chaque exemplaire livré, l'attestation de conformité au modèle homologué doit pouvoir être présentée.

En France, les essais d'homologation sont assurés par deux laboratoires : le Laboratoire national d'essais (LNE) et la Station nationale d'essais des matériels de génie civil (SNEMAG).

La directive européenne du 22 décembre 1986, transcrit en France par l'arrêté du 18 septembre 1987, concerne les pelles hydrauliques, les pelles à câbles, les bouteurs, les chargeuses et les chargeuses-pelleteuses.

Les valeurs limites admissibles exprimées en niveaux de puissance acoustique sont détermi-

nées en essais statiques selon la méthode de mesures définie dans l'annexe 1 de l'arrêté du 18 septembre 1987. Ces essais doivent être effectués jusqu'à fin 1996. Au-delà de cette date, il faudra réaliser des essais dynamiques conformes à la directive CEE du 2 août 1989 et l'arrêté français du 9 mars 1990. Ces essais dynamiques sont sensés représenter des conditions réelles de travail *in situ* pour chaque famille d'engins. Trois types de surface de sol sont autorisées : plan réfléchissant dur, combinaison d'un plan réfléchissant et de sable, surface de sable ou terrain sablonneux. La surface de mesure doit correspondre à une hémisphère dont le rayon est défini selon la longueur de base de l'engin testé, c'est-à-dire entre 4 et 16 m selon cette dernière valeur. En conformité avec l'annexe 1 de l'arrêté du 3 juillet 1979, six points de mesure du niveau sonore sont répartis sur la surface hémisphérique.

Une nouvelle directive européenne du 29 juillet 1995 (arrêté non encore paru) propose un abaissement des valeurs limites admissibles de 3 à 4 dB(A).

D'autre part, l'obligation de respecter des règles « d'emploi normal » est présente dans le décret du 18 avril 1995, relatif à la lutte contre les bruits de voisinage.

Enfin pour certains engins (moto-compresseurs, marteaux-piqueurs, ...), les méthodes d'essais sont précisées dans des normes AFNOR spécifiques. Il en est de même pour la détermination des niveaux de puissance acoustique LWA.

La quantification du bruit émis par les chantiers

Actuellement, il n'existe pas de valeurs limites acceptables réglementaires pour le bruit global émis par les chantiers.

Le décret du 18 avril 1995 relatif aux bruits de voisinage fixe des règles d'émergence. Celles-ci ne peuvent être appliquées aux chantiers sans risque

d'arrêter toute activité en ce domaine. D'ailleurs, l'article 1 de ce texte n'indique, pour les engins de chantiers, que des prescriptions d'utilisation.

La quantification du bruit émis par les chantiers se fait donc en niveaux LAeq pour les périodes de référence de jour (7 h - 20 h) et de nuit (20 h - 7 h).

Pour un chantier, on se trouve généralement confronté à plusieurs sources sonores fonctionnant simultanément. Certaines sont mobiles avec un trajet souvent variable (chargeurs, pelles, camions, ...), d'autres fixes (centrales à béton, d'enrobage, groupes électrogènes, moto-compresseurs, ...). Cependant, ces chantiers de différentes natures peuvent se décomposer, dans la majorité des cas, en des cycles de fonctionnement pouvant comprendre une ou plusieurs phases distinctes, comme le montre l'exemple de la figure 1.

À l'intérieur d'un cycle, il existe dans ce cas plusieurs phases de travail :

- creusement de la tranchée à l'aide d'une pelle avec remplissage des matériaux dans un camion ;
- départ de la pelle pour aller chercher une buse ;
- creusement du fond de la tranchée à l'aide d'un marteau-piqueur ;
- retour de la pelle avec une buse et mise en place de cette dernière.

Le cycle reprend ensuite par le creusement de la tranchée à un endroit plus éloigné. Le remplissage de la tranchée, le nivelage et le compactage se font en continu, à un autre moment, lorsqu'il y a suffisamment de buses posées. Il faudra alors quantifier le bruit de cet autre type de cycle de travail.

Il est donc nécessaire, pour une bonne quantification du bruit en niveau équivalent, que la durée de mesure ne soit pas inférieure à la durée d'un cycle, voire de plusieurs cycles de travail. En fait, les différentes études réalisées montrent que, dans la plupart des cas, la durée de mesure ne saurait être inférieure à 30 minutes - 1 heure pour obtenir un LAeq représentatif de la période considérée.

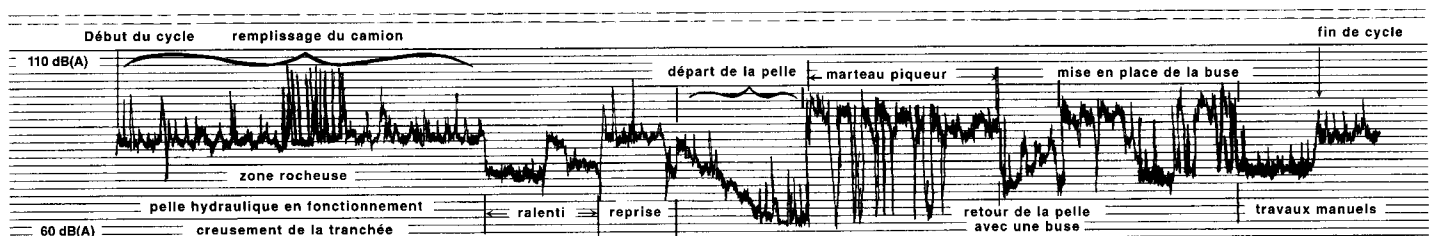


Fig. 1 - Chantier d'assainissement en milieu urbain.

Pour la période de jour, les niveaux LAeq à 20 m relevés pour les différents types de chantiers étaient supérieurs à 70 dB(A) pour atteindre dans les chantiers les plus bruyants (terrassment VRU, battage de palplanches) des valeurs de 90 dB(A), voire plus. On peut cependant observer que, pour les chantiers de VRD en milieu urbain, chantier à l'avancement, l'exposition des riverains est variable pendant la durée du chantier. Par exemple, pour des travaux d'assainissement dans une rue de typologie en « U », l'émergence par rapport au bruit résiduel [LAeq > 65 dB(A)] n'a été sensible en un point récepteur donné que pendant trois journées sur les deux mois de durée du chantier.

L'aspect de la gêne liée aux chantiers

L'enquête menée par l'INRETS en parallèle aux mesures réalisées au début des années 1980 sur différents types de chantier et portant sur le bruit, les vibrations, les poussières, les nuisances fonctionnelles..., confirme le bruit comme nuisance la plus citée.

Par contre, cette enquête n'a pas permis de proposer un seuil de bruit à retenir pour la gêne. Il semble que le niveau d'acceptation des nuisances varie en fonction de la connaissance de l'objectif des travaux (information préalable des riverains), de l'appréciation de son utilité, de sa durée, des horaires de travail et des efforts d'aménagement réalisés par le maître d'œuvre aux abords du chantier.

La prévision du bruit de chantier

En 1984, le Service Environnement industriel (SEI) du ministère de l'Environnement nous a demandé de tester un projet de méthode prévisionnelle de la CEE existant à cette époque, afin de permettre à la France de donner son avis.

La méthode mise au point par le Laboratoire régional des Ponts et Chaussées de Blois s'est inspirée de ce projet, en apportant des modifications sensibles sur les méthodologies d'acquisition des données *in situ* et de calculs.

Méthode de détermination *in situ* du niveau de puissance acoustique

La détermination des niveaux de puissance acoustique *in situ* a fait l'objet d'un vaste plan d'expérience en vue d'optimiser le nombre de points de mesures nécessaires pour une précision donnée.

La méthode proposée sépare le cas des sources fixes des sources mobiles.

Pour les sources fixes, on choisit les points de mesures dans quatre directions orthogonales à une distance d'au moins une fois la plus grande dimension de l'engin ou matériel de chantier.

Pour les sources faiblement mobiles (chargeuses, ...), on retient quatre directions au minimum et la distance du point de mesure par rapport au centre de l'aire du travail doit être d'au moins une fois la plus grande dimension de l'aire de travail.

Pour les sources mobiles se déplaçant à des vitesses supérieures à 10 km/h sur de grandes distances (camions, tombereaux, ...), il faut quatre points de mesure équidistants de l'axe de transport (d = 10 m par exemple) et répartis de chaque côté de celui-ci.

La mesure doit être réalisée à 1,2 m au-dessus du sol et à plus de 3 mètres de toute surface réfléchissante. Elle est effectuée sur une durée minimale d'un cycle de fonctionnement (§ *La quantification du bruit émis par les chantiers*).

On obtient ainsi pour chaque direction le niveau LAeq_i par cycle de travail représentatif.

Dans le cas d'un sol réfléchissant, le niveau de puissance LWA est donné par :

$$LWA_i = LAeq_i + 20 \lg d + 8$$

avec :

– d distance « source-point de mesure » en mètres.

Si le sol est parfaitement absorbant, cette relation devient :

$$LWA_i = LAeq_i + 20 \lg d + 11$$

On calcule ensuite la valeur moyenne de LWA par :

$$LWA_{\text{moyen}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{i=n} 10^{\frac{LWA_i}{10}}$$

avec :

– n nombre de points de mesures.

Les travaux des Laboratoires régionaux d'Aix-en-Provence, d'Autun, de Blois, de Clermont-Ferrand et de Strasbourg ont permis d'obtenir en 1988 une base de données de 460 engins. Le tableau I résume les valeurs relevées par famille d'engins ou matériels.

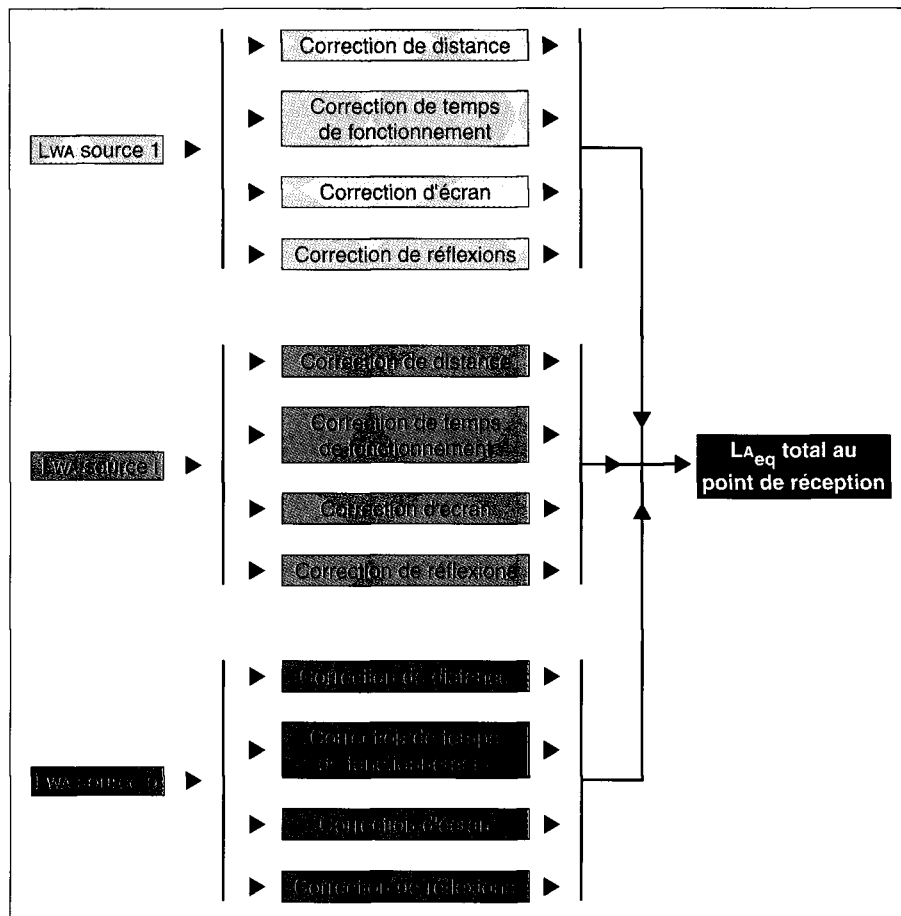
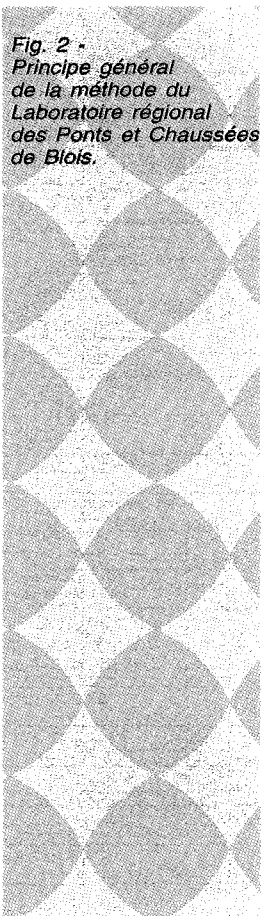
La méthode prévisionnelle proposée par le Laboratoire régional de Blois

Présentation de la méthode

Le principe de la méthode est présenté sur la figure 2.

TABLEAU I
Valeurs relevées par famille d'engins ou de matériels

| N° | Nom de l'engin | Nombre d'engins | Lwa mini dB(A) | Lwa maxi dB(A) | Lwa moyen dB(A) |
|----|------------------------------|-----------------|----------------|----------------|-----------------|
| 1 | Arroseur | 1 | 120 | 120 | 120 |
| 2 | Autograde | 1 | 110 | 110 | 110 |
| 3 | Balayeuse | 1 | 105 | 105 | 105 |
| 4 | Bétonnière portée | 3 | 91 | 98 | 96 |
| 5 | Bouteur | 20 | 102 | 118 | 111 |
| 6 | Camion | 9 | 95 | 109 | 106 |
| 7 | Camion à peinture | 1 | 107 | 107 | 107 |
| 8 | Centrale à blanc | 2 | 106 | 113 | 109 |
| 9 | Chargeuse sur chenilles | 2 | 104 | 106 | 105 |
| 10 | Chargeuse sur pneumatiques | 20 | 100 | 117 | 110 |
| 11 | Chargeuse-pelleteuse | 12 | 99 | 109 | 105 |
| 12 | Chariot élévateur | 2 | 98 | 102 | 100 |
| 13 | Citerne avec motopompe | 1 | 103 | 103 | 103 |
| 14 | Compacteur à pied dameur | 2 | 115 | 116 | 115 |
| 15 | Compacteur monocylindre | 16 | 100 | 112 | 104 |
| 16 | Compacteur sur pneumatiques | 10 | 99 | 114 | 103 |
| 17 | Compacteur statique | 1 | 101 | 101 | 101 |
| 18 | Compacteur vibrant | 18 | 100 | 115 | 106 |
| 19 | Compresseur (moto) | 5 | 90 | 117 | 106 |
| 20 | Concasseur | 1 | 117 | 117 | 117 |
| 21 | Débroussailluse | 2 | 101 | 106 | 103 |
| 22 | Décapeuse automotrice | 6 | 108 | 118 | 111 |
| 23 | Drague suceuse | 1 | 119 | 119 | 119 |
| 24 | Excavateur | 1 | 110 | 110 | 110 |
| 25 | Finisseur | 8 | 107 | 113 | 109 |
| 26 | Foreuse | 16 | 101 | 126 | 114 |
| 27 | Gravillonneur | 3 | 98 | 102 | 99 |
| 28 | Groupe de soudage | 1 | 110 | 110 | 110 |
| 29 | Groupe électrogène | 10 | 89 | 116 | 109 |
| 30 | Grue | 8 | 94 | 114 | 107 |
| 31 | Machine à caniveaux | 1 | 111 | 111 | 111 |
| 32 | Marteau-piqueur | 6 | 112 | 121 | 116 |
| 33 | Mouton - Marteau - Vibrateur | 20 | 104 | 132 | 118 |
| 34 | Niveleuse automotrice | 18 | 94 | 113 | 105 |
| 35 | Pelle sur chenilles < 100 kW | 14 | 103 | 111 | 107 |
| 36 | Pelle sur chenilles > 100 kW | 18 | 102 | 116 | 109 |
| 37 | Pelle sur pneumatiques | 14 | 102 | 112 | 106 |
| 38 | Pelle avec brise-roche | 8 | 114 | 123 | 118 |
| 39 | Perforatrice | 1 | 121 | 121 | 121 |
| 40 | Pilonneuse | 1 | 107 | 107 | 107 |
| 41 | Répandeuse | 3 | 95 | 100 | 98 |
| 42 | Scie à essence | 3 | 112 | 117 | 114 |
| 43 | Scie sur tracteur | 1 | 114 | 114 | 114 |
| 44 | Tombereau automoteur | 17 | 100 | 113 | 108 |
| 45 | Vibreux | 1 | 108 | 108 | 108 |



Pour chacune des sources sonores présentes ou prévues sur le chantier, et pour chaque « phase-type » d'exécution de ce dernier, on calcule, à partir des niveaux LWA contenus dans la base de données, les niveaux LAeq au point récepteur choisi en apportant les corrections éventuelles suivantes :

La correction de distance : C_d

Elle est donnée par $C_d = 20 \lg d + 8$, si le sol est réfléchissant et par $C_d = 20 \lg d + 11$, si le sol est parfaitement absorbant, d étant la distance entre la source et le point récepteur en mètres, telle que définie ci-après.

La correction d'écran : C_e

En cas de présence éventuelle d'obstacle ou d'écran entre la source sonore et le point récepteur, il est proposé des abaques permettant d'obtenir un facteur correctif en tenant compte de la hauteur de l'écran et des distances « sources-écran » et « écran-point récepteur » (un exemple est présenté sur la figure 3).

Ces abaques ont été définis pour un spectre de bruit moyen obtenu à partir d'une cinquantaine d'engins à moteur thermique et pour un sol relativement absorbant.

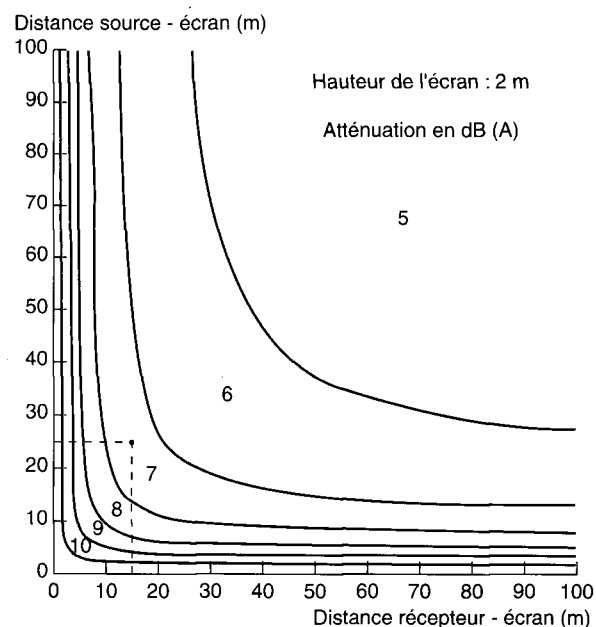


Fig. 3 - Atténuation due à la présence d'un écran.

La correction de temps de fonctionnement : C_{if}

Elle est donnée par :

$$C_{if} = 10 \lg \frac{F_t}{100}$$

avec :

– F_t pourcentage de la durée de fonctionnement réel de l'engin par rapport à la période de référence considérée (jour 7 h - 20 h ; nuit 20 h - 7 h).

La correction due à la présence de réflecteur : C_r

En cas de présence de structure réfléchissante à moins de 3 mètres du point récepteur, on apporte une correction C_r égale à + 3 dB(A).

La méthode propose de décomposer les sources sonores en quatre catégories :

- les sources fixes,
- les sources mobiles opérant sur une aire de travail restreinte,
- les sources mobiles opérant sur une aire de travail de grandes dimensions,
- les sources faiblement mobiles.

Pour chacune de ces catégories de sources, il est proposé une formule de calculs, tenant compte des termes correctifs précités, qui détermine le niveau LAeq au point récepteur pour chaque engin ou matériel. Il reste ensuite à sommer les niveaux obtenus au point récepteur pour chaque source présente ou prévue sur le chantier, pour obtenir le niveau global LAeq pour la période de référence considérée.

Ces formules sont les suivantes :

Source fixe

$$LAeq = LWA - C_d + C_{if} - C_e + C_r$$

Cette formule est valable pour un terrain plan et si la distance d « entre la source et le récepteur » est supérieure à au moins une fois et demie la plus grande dimension de la source et inférieure à 100 mètres.

Source mobile opérant sur une aire de travail restreinte

$$LAeq = LWA - C_d + C_{if} - C_e + C_r$$

avec :

– d distance entre le point récepteur et le centre de l'aire de travail.

Il faut que $d \geq 1,5 l$ avec l : plus grande dimension de l'aire de travail (généralement inférieure à 30 mètres). Dans ce cas la source est assimilée à une source sonore fixe.

Source mobile opérant sur une aire de travail de grandes dimensions

Généralement, la source effectue des « allers-retours » :

$$LAeq = LWA - 33 + 10 \lg Q - 10 \lg V - 10 \lg d + C_{if} - C_e + C_r$$

avec :

– Q nombre de passages de la source mobile devant le point récepteur, par heure.

– V vitesse moyenne de la source mobile en km/h,

– d distance minimale en mètres entre le point récepteur et le chemin de circulation de la source.

La formule a été validée pour $d \leq 100$ m.

Source faiblement mobile

Il s'agit d'engins se déplaçant à une vitesse inférieure à 10 km/h et circulant sur une aire de travail de grandes dimensions (généralement supérieure à 30 m).

$$LAeq = LWA - C_d + C_{if} - C_e + C_r + 10 \lg \frac{F_c}{100}$$

avec :

– F_c facteur d'équivalence dépendant du rapport $\frac{l_p}{d}$ où l_p est la distance parcourue et d la distance entre la source et le récepteur.

Exemple de calculs

L'exemple présente l'application de la méthode pour un chantier de terrassement constitué :

- > d'une pelle sur chenilles creusant une tranchée qui est ensuite partiellement remplie de sable par une chargeuse-pelleteuse ;
- > d'une pelle hydraulique sur pneumatiques chargeant un camion ;
- > d'un buteur décapant de la terre végétale.

Les positions des engins sur le chantier et du point récepteur testé sont fournies par le schéma de la figure 4.

Les hypothèses de calcul sont résumées dans le tableau II.

Les niveaux de nuisance acoustique LWA retenus sont les valeurs moyennes pour une famille d'engins déterminée et présentée dans le tableau I.

Fig. 4 -
Position des engins
et du point de réception.

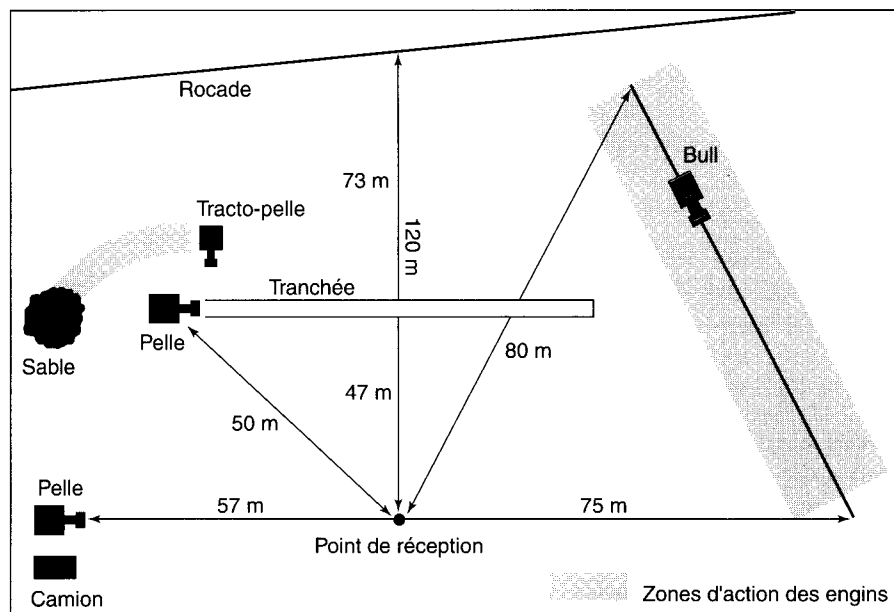


TABLEAU II
Hypothèses de calcul

| Engins | LWA dB(A) | Distance en m | | Ft (%) | Q (n/h) | V (km/h) | Écran correction C _e dB(A) | Réflecteur correction C _r dB(A) |
|------------------------------|--------------|---------------|----|-----------|------------|-------------|---|--|
| | | d | l | | | | | |
| Pelle sur pneumatiques | 106 | 57 | - | 10 | - | 0 | 0 | 0 |
| Camion de transport | 106 | 57 | - | 1 | - | 0 | 0 | 0 |
| Pelle sur chenilles < 100 kW | 107 | 50 | - | 20 | - | 0 | 0 | 0 |
| Chargeuse-pelleteuse | 105 | 55 | 25 | 20 | - | 0 | 0 | 0 |
| Buteur | 111 | 70 | 80 | 70 | 32 | 5 | 0 | 0 |

Pelle hydraulique sur pneumatiques

Le rapport de la distance « centre de l'aire de travail - récepteur » avec la plus grande dimension de l'aire de travail est égal à 5,7 donc supérieur à 1,5. La source peut être assimilée à une source fixe, d'où :

$$LAeq = LWA - C_d + C_{if} - C_e + C_r$$

Il n'existe pas, dans ce cas, d'écrans ni de réflecteurs : C_e et $C_r = 0$.

Le LWA_{moyen} trouvé dans le tableau récapitulatif est égal à 106 dB(A).

$$LAeq = 106 - 35 - 8 - 10$$

$$LAeq = 53 \text{ dB(A)}$$

Camion de transport

La distance minimale entre le récepteur et le camion est de 57 mètres.

Les manœuvres d'approche et de départ (source mobile) représentent 1 % du temps de fonctionnement. Elles peuvent donc être négligées. La

source est alors considérée comme fixe avec un LWA_{moyen} de 106 dB(A).

$$LAeq = 106 - 35 - 8 - 20$$

$$LAeq = 43 \text{ dB(A)}$$

Pelle hydraulique sur chenilles < 100 kW

Le déplacement de la pelle étant très faible pendant la période de référence, on la considère comme source fixe. Le LWA_{moyen} est de 107 dB(A).

$$LAeq = 107 - 34 - 8 - 7$$

$$LAeq = 58 \text{ dB(A)}$$

Chargeuse-Pelleteuse

La chargeuse-pelleteuse se déplace sur une aire de travail dont la plus grande dimension est 25 m. La distance entre le point récepteur et le centre de l'aire de travail est de 55 m. Le rapport $\frac{d}{l}$ est égal à 2,2 donc supérieur à 1,5 avec

$l < 30$ m. La source peut donc être assimilée à une source fixe avec un LWA_{moyen} de 105 dB(A).

$$L_{Aeq} = 105 - 35 - 8 - 7$$

$$L_{Aeq} = 55 \text{ dB(A)}$$

Bouleur

Le bouleur effectue des « allers-retours » sur une aire de travail assimilable à un chemin de circulation. La formule des sources mobiles s'applique :

$$L_{Aeq} = LWA - 33 + 10 \lg Q - 10 \lg V - 10 \lg d + 10 \lg \frac{F_t}{100} - C_e + C_r$$

avec :

$$C_e \text{ et } C_r = 0 \text{ et } LWA_{\text{moyen}} = 111 \text{ dB(A)}$$

$$L_{Aeq} = 111 - 33 + 15 - 7 - 18 - 2$$

$$L_{Aeq} = 66 \text{ dB(A)}$$

Le niveau global L_{Aeq} au point récepteur est donné par :

$$L_{Aeq} = 10 \lg \sum_{i=1}^{i=n} 10^{\frac{L_{Aeq_i}}{10}}$$

soit :

$$L_{Aeq} \text{ 7 h - 20 h} = 10 \lg [10^{5,3} + 10^{4,3} + 10^{5,8} + 10^{5,5} + 10^{6,6}]$$

$$L_{Aeq} \text{ global jour} = 67 \text{ dB(A)}$$

Cet exemple de calcul a été effectué pour un des chantiers testés dans le cadre de nos travaux sur le bruit global des chantiers. L'écart entre « mesures et calculs » a été de l'ordre de 2 dB(A), la valeur mesurée étant plus faible.

Autres méthodes de calcul prévisionnel

D'autres méthodes de calcul prévisionnel existent en France et à l'étranger.

La méthode du CSTB

Elle existe en France pour les chantiers de construction de bâtiment. À chaque engin des unités de valeurs sont attribuées, représentant la puissance acoustique pondérée A. On somme ensuite ces unités de valeurs des engins présents sur le chantier en tenant compte de leur temps de fonctionnement. Le niveau sonore en un point récepteur donné est obtenu à l'aide de tableaux correspondant à des aires de chantier déterminées et de termes correctifs pour la présence d'obstacles, les réflexions éventuelles, la surface de façade directement exposée.

À l'étranger, on peut citer la méthode anglaise du TRRL dont le projet de la CEE cité précé-

demment était fortement inspiré, et une méthode belge mise au point par le CSTC - CEDIA.

La méthode TRRL

Elle vise essentiellement les travaux de construction de route. L'équation de base est formulée par l'addition simultanée du niveau d'exposition au bruit élémentaire LAX, à une distance de référence R en mètres, pour « n » événements de l'opération. Le L_{Aeq} est défini pour la période de temps T en secondes et en point récepteur situé à une distance d en mètres du centre de l'opération :

$$L_{Aeq} = LAX - 10 \lg T + 10 \lg n + 10 \lg \left(\frac{R\sigma}{d\phi} \right)$$

avec σ angle sous-tendu par l'opération au récepteur et ϕ angle sous-tendu par l'opération au point de référence.

avec :

$$LAX = L_{Aeq}(R) + 10 \lg T$$

- LAX est le niveau constant qui, pendant une période d'une seconde, fournirait la même énergie sonore que celle reçue pour un événement élémentaire (cycle de travail).

- $L_{Aeq}(R)$ est le niveau mesuré en dB(A) à une distance R, généralement à 10 m ou 20 m pour un cycle de travail.

- T est la durée du cycle de travail ou de l'opération en secondes.

Les valeurs de LAX données varient entre 88 et 102 dB(A) pour les travaux d'excavation, 82-93 dB(A) pour les transports de matériaux sur site et 84-100 dB(A) pour les engins de remblaiement.

Quand il y a plusieurs opérations différentes, on calcule le niveau L_{Aeq} pour chaque opération séparément et on somme quadratiquement pour obtenir le niveau global. Différentes corrections sont ensuite faites pour la distance, l'effet de sol, la présence d'obstacle, ...

L'incertitude annoncée sur le résultat est de ± 2 dB(A) si les données disponibles sont suffisantes.

La méthode du CSTC - CEDIA

Elle part de la puissance acoustique *in situ* des engins obtenue à partir d'une méthode *in situ* simplifiée basée sur la mesure du niveau de pression acoustique en dB(A) en deux points. En pratique, ces deux points sont situés à une distance comprise entre 4 et 20 m de l'engin. La banque de données des niveaux de puissance acoustique comporte une centaine d'engins.

La méthode prend ensuite en compte les différents paramètres suivants : nombre et nature des engins présents avec leur localisation et leur niveau de puissance acoustique, la présence éventuelle d'obstacles, de surfaces verticales réfléchissantes, de la nature du sol et de la durée de fonctionnement par rapport à la période de référence de jour.

Le degré de précision avancé, par comparaison « mesures-calculs » sur cas réels, se situe autour de 3 dB(A) ; le calcul surestimant généralement les valeurs.

Quelques moyens d'actions

Les principaux moyens d'action qui peuvent être proposés portent :

➤ sur l'information préalable de la population sur la nature et l'utilité des travaux, le planning, les nuisances éventuelles attendues et les moyens mis en œuvre pour y remédier ;

➤ sur la définition au préalable des clauses spécifiques sur le bruit à respecter au niveau de l'autorisation (chantiers publics) ou du permis de construire (chantiers privés). Ces clauses porteront sur les horaires de travail, l'utilisation de matériel homologué, les conditions de fonctionnement du chantier, la prise en compte de la propreté (boues...) et de la sécurité vis-à-vis de la population ;

➤ sur l'organisation du chantier : coordination des travaux et planification permettant le respect d'horaires prescrits pour les phases les plus bruyantes, implantation des matériels et engins fixes les plus bruyants dans les zones les moins sensibles, en profitant des obstacles existants ou naturels ou les prévoir (stockage des matériaux).



Fig. 5 - Écran temporaire (ACIAL).

➤ Pendant le chantier :

– vérifier le bon état du matériel ainsi que son fonctionnement normal, utiliser des matériels homologués ; si nécessaire agir sur les sources elles-mêmes (capotage, silencieux...) ;

– agir sur la propagation par la mise en place d'écrans provisoires mobiles. À titre d'exemple, la figure 5 montre la mise en place d'un écran provisoire pour la protection d'une crèche vis-à-vis d'un chantier de forage ;

– coordonner les différentes opérations afin de réduire la durée des phases les plus bruyantes lorsqu'elles se situent dans les zones les plus sensibles ;

– ne pas oublier les problèmes liés au transport des matériaux. La position des centrales de fabrication n'est pas neutre dans ce cas. Sur le site, un autre mode de transport (par exemple, par tapis) peut être privilégié.

À titre d'exemple, pour un chantier de construction de logements à Villeurbanne, les actions ont porté dans trois directions (*Le Moniteur* du 17 février 1995) : la réduction du bruit émis par les matériels, le choix des modes opératoires les moins bruyants, l'analyse du couple « durée du bruit et puissance acoustique générale ». Pour un objectif visé de 75 dB(A) en limite de propriété, il a été relevé à l'intérieur de la zone de travail, des valeurs inférieures à 65 dB(A).

Conclusion et perspectives

Les différents travaux réalisés par le réseau des LPC ont permis d'améliorer nos connaissances dans le domaine du bruit émis par les chantiers. L'étude faite en collaboration avec l'INRETS a montré qu'il était difficile d'associer directement la gêne avec le niveau de ce bruit. Il reste donc dans ce domaine encore à faire, même si l'évolution de la réglementation a permis de diminuer l'impact sonore des chantiers.

Pour la mise au point d'une méthode de calcul prévisionnel par le Laboratoire régional des Ponts et Chaussées de Blois, la comparaison « calculs-mesures » réalisée sur plusieurs types de chantiers (VRD assainissement, voirie, terrassement, ouvrages d'art, ...) a montré des écarts globalement inférieurs à 3 dB(A), le calcul surestimant généralement les valeurs.

Ce résultat est semblable à celui observé par d'autres méthodes étrangères. Il faut cependant préciser que, pour ces tests, nous nous trouvons dans les meilleures conditions possibles : connaissance des matériels utilisés, des trajectoires des engins, des temps de fonctionnement, de l'environnement du site, ... Il est évident que, pour les calculs faits bien en amont du chantier, ce qui est l'objectif, il sera difficile d'avoir des

renseignements précis, ce qui augmentera l'incertitude sur le résultat obtenu.

L'autre difficulté sur la pérennité de la méthode réside dans la mise à jour du catalogue des niveaux de puissance acoustique des engins et matériels de chantier afin d'être le plus exhaustif et représentatif possible.

Pour répondre à cette question, le réseau des LPC a décidé de poursuivre ses travaux en recherchant pour les principales familles d'engins, les relations pouvant exister entre les niveaux de puissance acoustique d'homologation, obligatoire pour la plupart d'entre eux, et ceux relevés *in situ* dans des conditions déterminées de type de travail, de matériaux et de conditions de site.

La mise à jour régulière du catalogue pourra ainsi s'effectuer au fur et à mesure de l'homologation de nouveaux engins et matériels. Pour 1996, ce travail est réalisé pour les pelles hydrauliques et les groupes moto-compresseurs. Il sera ensuite poursuivi sur d'autres types d'engins.

Par ailleurs, nous cherchons à mieux appréhender les facteurs influant sur la puissance acoustique des engins *in situ*. Par exemple, pour les pelles hydrauliques, les critères retenus sont les suivants :

- conditions de travail : creusement d'une tranchée, creusement d'une tranchée + chargement d'un camion, nivelage (le godet reste en surface) ;
- nature des matériaux traités : terre végétale, tout venant, matériaux durs ;
- conditions de site : sol absorbant, sol semi-réfléchissant, sol réfléchissant.

Cette approche est primordiale, car c'est la connaissance la plus précise possible de cette valeur de base LWA qui donne la validité du calcul.

En conclusion, nos travaux pour les années à venir porteront dans ces deux directions, en les étendant à l'ensemble des matériels et engins de chantier.

Remerciements

Nous tenons à remercier plus particulièrement Guy Mottard du Service Environnement industriel et Daniel Fritsch de la Mission bruit du ministère de l'Environnement pour leur aide précieuse dans la rédaction de cet article.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

MERIEL B., BONHOMME B., DELANNE Y. (1981), *Étude sur les nuisances dues aux chantiers de travaux publics*, juillet.

VALLET M., ABRAMOWITCH J.M. (1981), *Les nuisances et la gêne créées par les chantiers de travaux publics*, Contrats de recherche n° BV 77.919 bis et BV 77.934 pour le Comité Bruit et vibrations du ministère de l'Environnement, octobre.

GILBERT Ph., VILLENAVE M. (1981), *Bruits causés par les chantiers de construction de bâtiments*, Cahier du CSTB 1745, décembre.

Méthode d'évaluation prévisionnelle du bruit aérien émis dans l'environnement par les chantiers de génie civil et de bâtiment, Projet de la Communauté Européenne - Sous groupe III - ENV 28/80 - Projet n° 3.

DELANNE Y. (1981), *Les chantiers dans la ville*, Colloque « Le bruit et la ville », Toulouse les 12 et 13 mars.

MERIEL B., BONHOMME B., DELANNE Y. (1982), *Le bruit des chantiers*, Pollutec 1982, décembre.

Le bruit des chantiers (1981), Journée d'étude organisée par le GALF (Société française d'acoustique), 26 mars, Paris.

BONHOMME B., MERIEL B. (1990), *La méthode prévisionnelle du Laboratoire régional des Ponts et Chaussées de Blois*, Journée nationale d'information sur le bruit des chantiers, 14 juin, organisée par Centre d'information et de documentation sur le bruit à Paris.

GILL H.S. (1982), Review of legislation and test standards relating to construction site noise.

(1990), *Recueil des textes relatifs à la limitation des bruits aériens émis par les matériels et engins de chantiers*, SEI - ministère de l'Environnement, juin.

MOTTARD M. (1990), *Engins de chantiers - La réglementation*, SEI - ministère de l'Environnement, Écho bruit 30, octobre.

(1976), *Détermination de la puissance acoustique émise par les sources de bruit*, NFS 30006 Partie 0 : Guide pour l'utilisation des normes fondamentales et pour la rédaction des codes d'essais, janvier.

(1987), *Mesurage du bruit aérien émis par les moto-compresseurs*, NFS 31020, février.

(1987), *Mesurage du bruit aérien émis par marteaux-piqueurs et brise-béton utilisés à la main*, NFS 31030, février.

(1986), *Détermination du niveau de puissance acoustique émis par les sources de bruit*, NFS 31067 Partie 7 : Méthode de contrôle (classe 3) faisant appel à une source sonore de référence, novembre.

Détermination des niveaux de puissances acoustiques émis par les sources de bruit, NFS 31022 à NFS 31027.

Journal Officiel de la république française n° 1383, Recueil des textes relatifs au *Bruit - Prévention - Maîtrise et contrôle des nuisances sonores*, édition mise à jour au 02/06/95.

MARTIN D.J. (1980), *Road construction noise measurement, prediction and control*, janvier.

HENDERIECKX F., MERTENS C. (1984), *Bruit des chantiers de construction*, Revue n° 2, avril-juin.

Convention 3688 (1983), *Recherche Bruit de chantiers - Émission sonore des chantiers et possibilités de réduction de ces bruits*, CEDIA CSTC - SYNAG (Belgique), juin.

MERIEL B., BONHOMME B. (1985), *Test de la méthode prévisionnelle communautaire pour les bruits émis par les chantiers*, janvier.

BONHOMME B., MERIEL B. (1989), *Méthode prévisionnelle des bruits émis par les chantiers de génie civil et de bâtiment*, Document de synthèse, novembre.

LÉVY-LEBOYER C., MOSER G. (1987), *Bruit urbain et conduites d'aide*, université R. Descartes, Paris, janvier.

DELOHEN P. (1995), *Moins de bruit, moins de déchets : pari gagné*, Le Moniteur - Technique chantier, pp. 48-49, février.

ABSTRACT

Worksite noise is one of the most frequent causes for complaint in urban areas

M. MERIEL - B. BONHOMME

Over slightly more than the last twenty years, regulations have been considerably strengthened, in particular for plant and worksite equipment. In 1984, European Directives also started to play a major role.

This paper describes the contribution which the network of Laboratoires des Ponts et Chaussées have made to this process since 1980, in particular the development of a forecasting model at the Blois Regional Laboratory.

The paper also describes the principle measures which are in place and presents a projection for works in the future.