

Zeitschrift: Zivilschutz = Protection civile = Protezione civile
Herausgeber: Schweizerischer Zivilschutzverband
Band: 31 (1984)
Heft: 11-12

Artikel: Alarme : son - propagation du son - mesurage du son. Part II
Autor: Schmid, Hans
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-367318>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 16.02.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

5. Schallmessung

5.1 Der reflexionsfreie Raum

Bei Schallmessungen im reflexionsfreien Raum können die meteorologischen Einflüsse weitgehend eliminiert werden. Es ist jedoch zu bedenken, dass eine grosse, stationäre Alarmsirene mit mehreren Schallgebern nur auf relativ grosse Distanz als Punktquelle mit ebenen Schallwellenfronten angesehen werden kann. Die Abmessungen der reflexionsfreien Räume lassen aber genügend grosse Messdistanzen nicht zu, so dass solche Messungen je nach Grösse und Art der Schallquelle mehr oder weniger fehlerbehaftet sind (Nahfeldmessung).

5.2 Das Nahfeld

Im Nahfeld einer Schallquelle sind Schalldruckmessungen zu vermeiden, da die Beziehungen zwischen der Schallintensität und anderen physikalischen Parametern wie Schalldruck und Schallschnelle komplex sind. Im Nahfeld nimmt die Schallintensität meistens mehr als 6 dB pro Distanzverdoppelung ab (siehe Abb. 13).

5.3 Das Fernfeld

Das Fernfeld ist der Bereich ausserhalb des Nahfeldes. Es kann in die Bereiche Freifeld und Hallfeld unterteilt werden. Im Freifeld nimmt die Schallintensität genau um 6 dB pro Distanzverdoppelung ab. Im Hallfeld treten Reflexionen auf, die sich mit den direkten Schallwellen überlagern.

5.3.1 Das Freifeld

Schallmessungen zur Bestimmung der akustischen Kennwerte von Alarmsirenen sind im Freifeld durchzuführen. Freifeldbedingungen für grosse Schallquellen wie stationäre Sirenen mit mehreren Schallgebern sind am einfachsten im Freien zu erreichen. Damit aber atmosphärische Einflüsse und Bodenreflexionen nicht zu stark ins Gewicht fallen, darf die Messdistanz nicht zu gross sein. Mit zunehmender Distanz verschiebt man sich Richtung Hallfeld (siehe Abb. 13). Messungen im Abstand von 100 m und mehr haben deshalb nur Stichprobencharakter und dürfen nicht als Kennwerte von Sirenen verwendet werden. Als gute Freifeldbedingung gilt ein Abstand von 30 m zwischen Mikrofon und Sirene bei einer Messhöhe von 10 m (Sirene und Mikrofon).

5.3.2 Das Hallfeld

Das Hallfeld ist der Bereich, wo direkte und reflektierte Schallwellen anzutreffen sind. Die Schallwellen werden am Boden und an Gegenständen reflektiert und mit dem Primärschall

überlagert. Im nicht ganz diffusen Hallfeld, wie es bei der Alarmierung in überbauten Gebieten oder in relativ grosser Entfernung von der Sirene anzutreffen ist, sind starke Schallschwankungen festzustellen (siehe auch Kapitel 3.6, Überbauung).

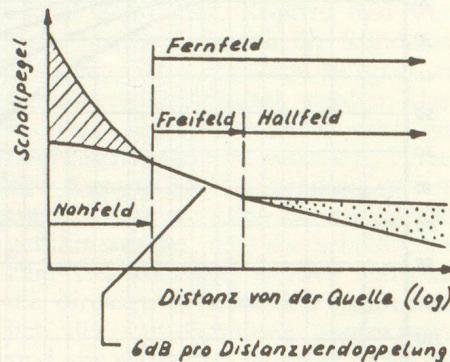


Abb. 13. Nahfeld und Fernfeld

5.4 Messanordnung im Freien

Der Schallpegel bei 30 m (akustischer Kennwert) wird für Zivilschutz-Alarmsirenen gemäss der Messanordnung in Abbildung 14 bestimmt. Die Messungen werden nach dem Reglement des Bundesamtes für Zivilschutz [3] vom Eidgenössischen Amt für Messwesen, Wabern-Bern, durchgeführt. Je höher die Sirene und das Mikrofon aufgestellt werden, desto geringer ist der Einfluss der Bodenreflexionen auf das Messresultat. Aus praktischen Gründen wird die Mess-

höhe auf 10 m festgelegt, wo aber noch gewisse Überlagerungseffekte zu berücksichtigen sind. Diese Berücksichtigung erfolgt dadurch, dass das Mikrofon an einem Drehgalgen kontinuierlich gedreht wird. Der einer punktuellen Messung anhaftende Zufälligkeitscharakter ist somit nicht gegeben. Gemessen wird mit einem integrierenden Schallpegelmessgerät, das den energieäquivalenten Mittelpiegel L_{eq} ermittelt. Die Anzeige liefert direkt den akustischen Kennwert einer Sirene.

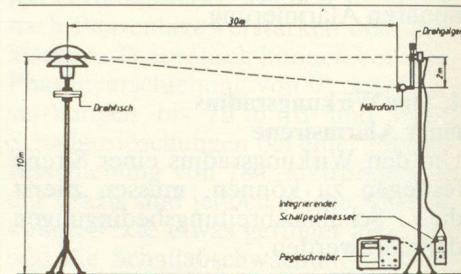


Abb. 14. Anordnung zur Bestimmung des akustischen Kennwertes

Literatur

- [1] J. R. Hassal, K. Zaveri, Acoustic noise measurements, 1979.
- [2] ISO Standards Handbook 4, 1980, Acoustics, vibration and shock.
- [3] Reglement des Bundesamtes für Zivilschutz über die akustische Messung von Zivilschutz-Alarmsirenen, 1983.

Schluss

Alarme: Son – propagation du son – mesurage du son (II)

Hans Schmid, Office fédéral de la protection civile, Service de développement II

Selon des instructions de l'Office fédéral de la protection civile concernant le renforcement des réseaux d'alarme de la protection civile, il incombe aux organisations de protection civile des communes d'exécuter la planification des sirènes, sous la direction des cantons. La planification et la réalisation du réseau des sirènes touche par la force des choses au domaine de l'acoustique. Rien ne paraît plus simple que de mesurer à l'aide d'un petit sonomètre le niveau de bruit d'une région sonorisée. La deuxième partie de l'article (voir aussi No 9/84) démontre cependant qu'il n'en est pas forcément ainsi et que la diffusion du son ne suit pas toujours des règles simples.

3.4 L'influence exercée par la nature du terrain

La plupart des surfaces naturelles de terrain absorbent fortement les sons. Cela provoque une réduction de l'intensité acoustique qui entre sérieusement en ligne de compte surtout à proximité du sol (amortissement par le sol, voir fig. 8). Dans ce domaine également, l'affaiblissement sonore est plus fort pour les hautes fréquences que pour les basses fréquences. Il est essentiellement déterminé par les aspérités de la surface (relation entre les longueurs d'ondes et les dimensions des irrégularités du sol). Les champs où pousse une herbe courte amortissent relativement peu les sons, en revanche pour les champs de céréales

et les terrains buissonneux on peut admettre des valeurs de réduction très élevées, d'environ 20 dB par 100 mètres. Les surfaces enneigées sont également un facteur de forte absorption du son. Pour les champs d'herbe rase à surface plane, on peut évaluer approximativement l'amortissement de son comme il suit:

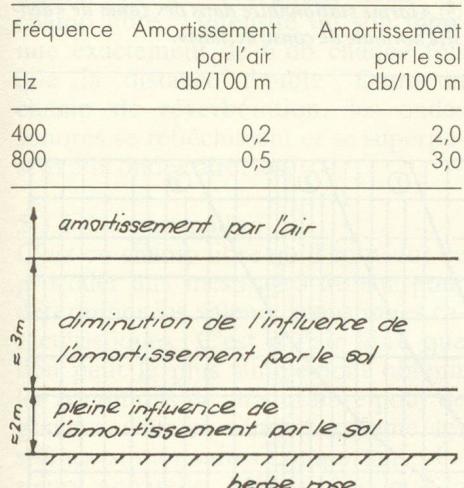


Fig. 8. Champs approximatifs de l'amortissement par le sol et par l'air.

3.5 L'influence de la topographie

Les collines, les vallées, les éminences et les dépressions influent sur la propagation du son. On peut observer, par exemple, que les bruits du trafic routier ou ferroviaire se transmettent très bien sur un terrain en pente mais qu'en revanche, une colline ou une éminence contribueront à réduire ces mêmes bruits. Le premier cas s'explique par le fait que les ondes sonores sont partiellement focalisées et que les ondes directes sont principalement amorties par l'air, dont l'influence est beaucoup plus faible que le sol (voir fig. 9a). Par contre dans le second cas, celui de la colline, le son est disséminé, ce qui provoque un effet insonorisant (voir fig. 9b). L'observateur se trouve alors dans une zone d'ombre plus ou moins marquée en fonction de la fréquence du signal, de la grandeur et de la nature des obstacles au son. C'est en raison du fait que l'onde sonore est déviée par les obstacles, que le son ne peut plus tout à fait se faire entendre (loi de la diffraction). Le même obstacle diffracte davantage les ondes sonores à basses fréquences que celles à hautes fréquences. On peut aisément démontrer cet effet en prenant pour exemple une fanfare jouant dans la rue d'une ville. Si l'on se place à l'angle de cette rue, on entendra les tonalités basses de la tymbale mieux que les tonalités hautes des cymbales ou des trompettes.

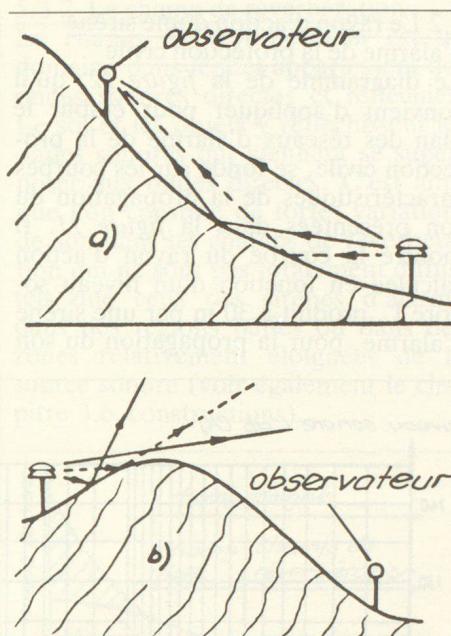


Fig. 9. a) Focalisation du son sur une surface concave comme un terrain en pente.
b) Dissémination du son sur une surface convexe comme une colline (insonorisation).

3.6 L'influence des constructions de surface

Les surfaces construites en matériaux durs, comme les parois des maisons ou les routes, réfléchissent la plus grande part des ondes sonores. Si les ondes sonores indirectes c'est-à-dire celles qui sont réfléchies (son secondaire) se superposent avec celles qui sont propagées directement par la source sonore (son primaire), ces ondes peuvent s'amplifier ou diminuer, suivant la relation des phases. Théoriquement, pour un décalage de phase de 0°, il peut y avoir des augmentations sonores allant jusqu'à 6 dB et pour un décalage de phase de 180°, une suppression pure et simple des sons. En réalité toutefois, les effets amplificateurs se révèlent quelque peu plus faibles que 6 dB et les affaiblissements acoustiques atteignent des valeurs de 20 à 30 dB. C'est pourquoi les oscillations acoustiques qui en résultent rendent le mesurage du son extrêmement problématique dans les zones bâties et peuvent conduire facilement à une interprétation erronée des résultats des mesures.

Ces ondes sonores qui sont réfléchies – peu importe où – doivent parcourir une distance plus grande que les ondes primaires, cela signifie qu'elles parviennent plus tard à l'oreille de l'observateur (différence du temps de parcours). Si l'observateur se trouve à une distance de 10 m d'un bâtiment, les ondes sonores réfléchies l'atteindront environ 60 m/s après les ondes directes (voir fig. 10). Suivant la différence de niveau acoustique des sons

primaires et secondaires, une différence de temps de parcours de 50 m/s peut être déjà ressentie comme un écho. Cependant, l'écho n'a pas d'effet perturbateur pour les signaux d'alarme comme pour les sons provoqués par la voix.

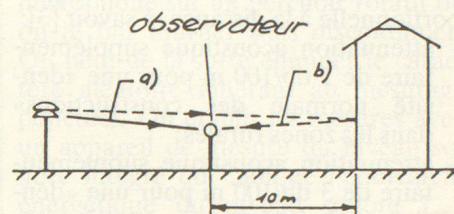


Fig. 10. Différences de temps de parcours en cas de réflexion
a) son direct
b) son réfléchi.

$$\begin{aligned} \text{Différence de temps de parcours} &= \frac{\text{Différence de parcours}}{\text{vitesse sonique}} \\ &= \frac{2 \times 10 \text{ m}}{344 \text{ m/s}} \sim 60 \cdot 10^{-3} \text{ s} \end{aligned}$$

On peut dire en principe que le genre de construction sur le sol influence considérablement la propagation du son des signaux d'alarme. Dans les régions à haute densité, où les bâtiments sont élevés, les phénomènes d'insonorisation (réflexion) et d'amortissement du bruit (absorption) provoquent des «zones d'ombre» dont il faut tenir compte globalement en augmentant l'énergie acoustique. Cela se manifeste pratiquement dans le fait qu'il faut considérer qu'une sirène a un rayon d'action plus petit dans les régions urbaines que dans les régions à constructions rurales.

Lors de l'utilisation d'un système d'alarme mobile, les murs, les façades des maisons, les collines, les champs de céréales et de maïs ont sur la propagation des sons un effet généralement plus fort qu'en cas d'alarme stationnaire, étant donné la position basse de la sirène (fixée sur le toit d'un véhicule).

4. Le rayon d'action d'une sirène d'alarme

Pour pouvoir déterminer le rayon d'action d'une sirène, il faut au préalable définir les conditions de la propagation du son.

4.1 Définition des conditions de la propagation des sons

Le concours des facteurs de l'environnement décrit dans le chapitre 3, propagation du son, peut créer des conditions variables et très différentes de la propagation du son. Comme les réseaux de sirène ne peuvent pas, en pratique, être constamment adaptés

aux conditions variables de l'environnement, on a fixé trois conditions constantes de la propagation du son pour l'alarme en matière de protection civile. Ces trois conditions tiennent compte en moyenne des facteurs essentiels d'influence pour une atténuation acoustique supplémentaire, proportionnelle à la distance, à savoir [3]:

- atténuation acoustique supplémentaire de 1 db/100 m pour une «densité normale des constructions» dans les zones rurales;
- atténuation acoustique supplémentaire de 3 db/100 m pour une «densité urbaine ou analogue de constructions» ou pour les zones urbaines;
- atténuation acoustique supplémentaire de 6 db/100 m pour l'alarme mobile.

Les résultats du calcul de la diminution ΔL du niveau sonore s'établissent comme il suit:

pour une «densité normale de constructions»:

$$\Delta L = 20 \log_{10} \frac{\text{distance}}{30 \text{ m}} + 1 \text{ db} \frac{\text{distance} - 30 \text{ m}}{100 \text{ m}}$$

pour une «densité urbaine ou analogue de constructions»:

$$\Delta L = 20 \log_{10} \frac{\text{distance}}{30 \text{ m}} + 3 \text{ db} \frac{\text{distance} - 30 \text{ m}}{100 \text{ m}}$$

pour une alarme mobile:

$$\Delta L = 20 \log_{10} \frac{\text{distance}}{30 \text{ m}} + 6 \text{ db} \frac{\text{distance} - 30 \text{ m}}{100 \text{ m}}$$

Ces formules donnent les courbes caractéristiques suivantes de la propagation du son (Fig. 11):

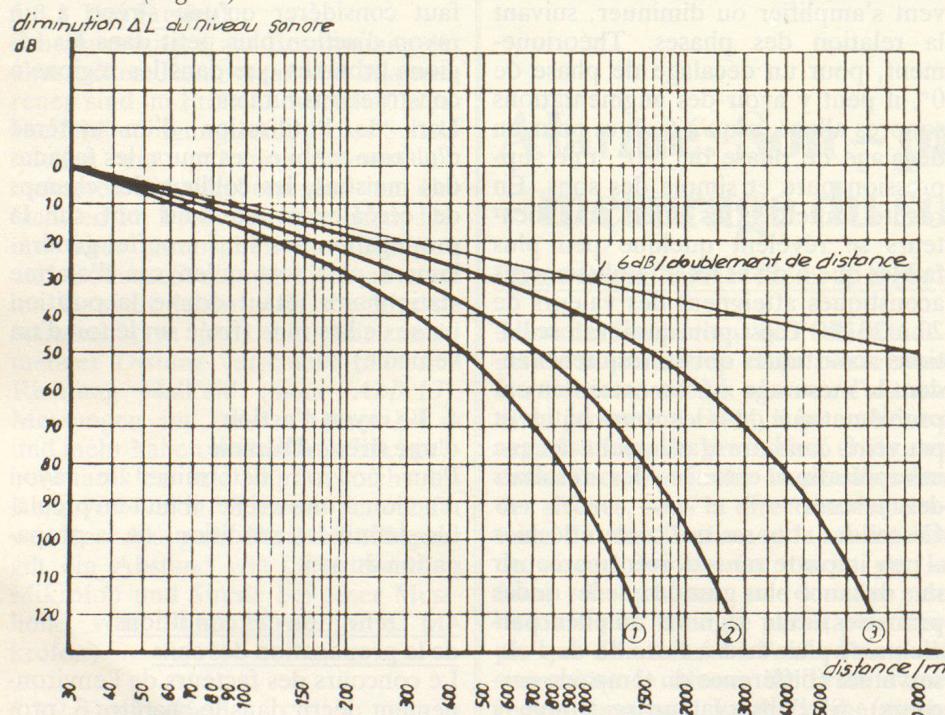


Fig. 11. Courbes caractéristiques de la propagation du son.

① Atténuation acoustique supplémentaire de 6 dB/100 m (alarme mobile).

② Atténuation acoustique supplémentaire de

4.2 Le rayon d'action d'une sirène d'alarme de la protection civile

Le diagramme de la figure 12, qu'il convient d'appliquer pour établir le plan des réseaux d'alarme de la protection civile, se fonde sur les courbes caractéristiques de la propagation du son présentées dans la figure 11. Il montre la courbe du rayon d'action calculée en fonction d'un niveau sonore L, produit à 30 m par une sirène d'alarme, pour la propagation du son

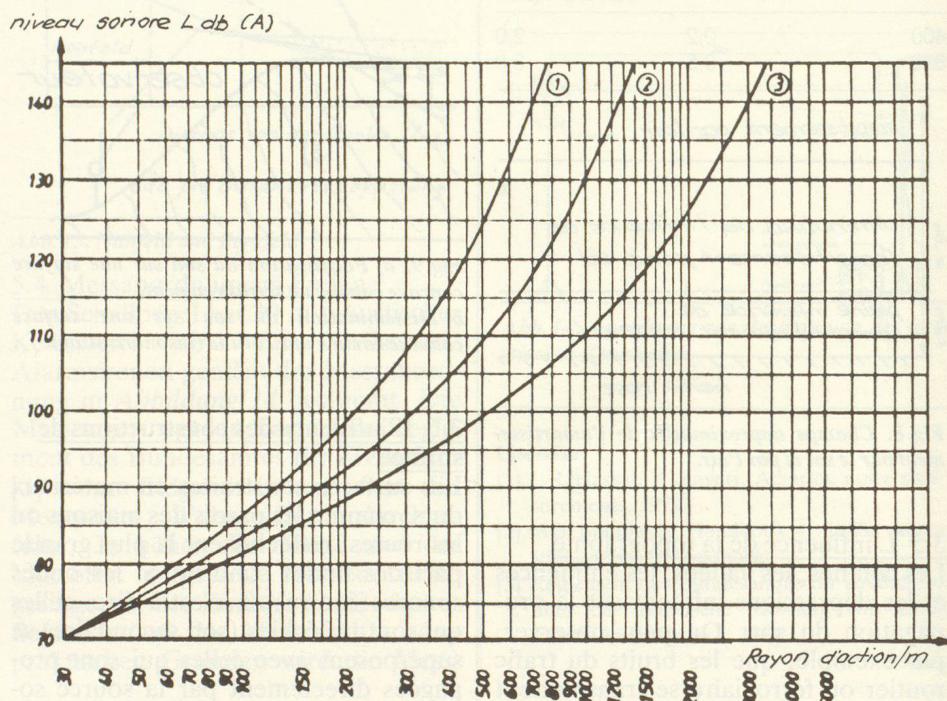
dans des zones de «densité normale de constructions», de «densité urbaine ou analogue de constructions» ainsi que par alarme mobile.

Fig. 12. Rayon d'action d'une sirène d'alarme de la protection civile, en fonction d'un niveau sonore L à 30 m.

① Alarme mobile.

② Alarme stationnaire dans des zones de «densité urbaine ou analogue de constructions».

③ Alarme stationnaire dans des zones de «densité normale de constructions».



5. Le mesurage du son

5.1 L'espace non réfléchissant

Lorsqu'on entreprend de mesurer le son dans un espace non réfléchissant, on peut éliminer pour une large part les influences météorologiques. Il convient toutefois d'admettre qu'une grande sirène d'alarme stationnaire, dotée de plusieurs sources soniques, peut être considérée comme une source ponctuelle ayant des fronts d'ondes égaux uniquement à une distance relativement grande. Mais les dimensions des espaces non réfléchissants n'ont pas des distances de mesurages suffisamment grandes, si bien que de tels mesurages sont plus ou moins défectueux suivant la grandeur et le genre de la source sonore.

5.2 Le champ proche

Il faut éviter de procéder à des mesurages de la pression acoustique dans le champ proche d'une source sonore, étant donné la complexité des rapports entre l'intensité du son et d'autres paramètres physiques comme la pression acoustique et l'alternance du

milieu. En effet, dans le champ proche, l'intensité du son diminue la plupart du temps de plus de 6 db chaque fois que la distance double (cf. fig. 13).

5.3 Le champ éloigné

Le champ éloigné se situe en dehors du champ proche. On peut le subdiviser en domaines du champ libre et du champ de réverbération. Dans le champ libre, l'intensité du son diminue exactement de 6 db chaque fois que la distance double. Dans un champ de réverbération, les ondes sonores se réfléchissent et se superposent aux ondes directes.

5.3.1 Le champ libre

C'est en champ libre qu'il convient de procéder aux mesurages du son pour déterminer les valeurs acoustiques caractéristiques. C'est à l'air libre que l'on peut le plus simplement obtenir les conditions de champ libre pour de grandes sources sonores comme les sirènes stationnaires comportant plusieurs appareils. Mais il faut que la distance de mesurage ne soit pas trop grande, afin que les influences atmosphériques et les réflexions du sol n'entrent pas trop fortement en ligne de compte. En effet, plus la distance est grande, plus on approche du champ de réverbération (voir fig. 13). C'est pourquoi les mesurages réalisés à 100 m et plus de la source sonore ne peuvent avoir que le caractère de sondages et ne peuvent par conséquent pas être utilisés comme valeurs caractéristiques pour des sirènes. Une distance de 30 m entre le microphone et la sirène, tous deux situés à 10 m de hauteur, constitue des bonnes conditions de champ libre.

5.3.2 Le champ de réverbération

Le champ de réverbération est un domaine dans lequel apparaissent des ondes sonores directes et réfléchies. Le sol et les objets y réfléchissent les ondes sonores qui viennent se superposer aux ondes directes. C'est ainsi que l'on constate de fortes variations de son dans les champs de réverbération qui ne sont pas totalement diffus, tels que ceux des sirènes d'alarme dans des régions bâties ou dans des zones relativement éloignées de la source sonore (voir également le chapitre 3.6, constructions).

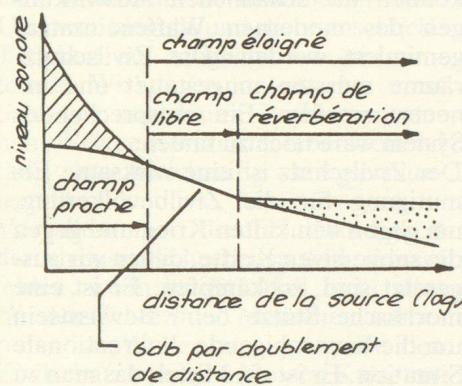


Fig. 13. Champ proche et champ éloigné.

5.4 Montage de mesures en champ libre

On détermine le niveau sonore des sirènes d'alarme de la protection civile à 30 m (valeurs acoustiques caractéristiques) selon le montage des mesures présenté dans la figure 14. C'est l'Office fédéral de métrologie de Wabern, Berne, qui réalise ces mesures conformément au Règlement de l'Office fédéral de la protection civile [3]. L'influence des réflexions par le sol sur les résultats des mesures est d'autant

moindre que la sirène et le microphone sont placés plus haut au-dessus du sol. Pour des raisons pratiques, on fixe la hauteur de mesurage à 10 m au-dessus du sol. Mais il faut alors tenir compte encore de certains effets de superposition. Pour prendre ce paramètre en considération, on place le microphone sur un perchoir rotatif où on le fait tourner sans discontinuer. On peut de la sorte éliminer le caractère aléatoire inhérent au mesurage ponctuel. On établit les mesures avec un appareil de mesure du niveau sonore intégré qui indique l'équivalent énergétique du niveau sonore L_{eq} . L'indicateur fournit directement la valeur caractéristique acoustique d'une sirène.

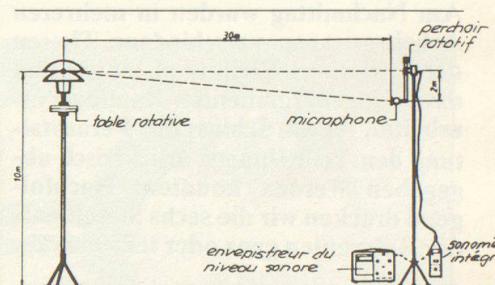


Fig. 14. Montage permettant de déterminer les valeurs acoustiques caractéristiques.

Littérature

- [1] Hassal, J. R., Zaveri, K., Acoustic noise measurements, 1979.
- [2] Iso Standards Handbook 4, 1980, Acoustics vibration and shock.
- [3] Règlement de l'Office fédéral de la protection civile sur le mesurage acoustique des sirènes d'alarme de la protection civile, 1983.

Fin

Les lits de protection civile ACO vous font dormir comme il faut!

Ils sont adaptés à leur fonction: les nouveaux lits COMODO superposables correspondent à toutes les exigences de la protection civile.

Leur matériel est adéquat: construction en tubes d'acier rigides munis d'un système de fixation par fiches permettant une utilisation variée. Garniture de lit individuelle interchangeable.

Ils sont conformes aux prescriptions de l'OFPC: à l'épreuve des chocs de 1atm. et subventionnés par l'OFPC.



Venez voir notre stand d'exposition.

Ils sont intéressants pour les budgets: avec toute la gamme des services, y compris l'ensemble des conseils à la clientèle.

ACO équipe avantageusement les abris de PC.

Mobilier de protection civile ACO
Allensbach & Co AG
Untere Dünnernstrasse 33
4612 Wangen bei Olten
Tél. 062 32 58 85

Volant détachable INFO-PC
Veuillez m'(nous) adresser s. v.p. des informations sur les lits de protection civile ACO superposables. Merci.
Nom: _____
Téléphone: _____
Adresse: _____
Commune: _____