

Zeitschrift: Zivilschutz = Protection civile = Protezione civile
Herausgeber: Schweizerischer Zivilschutzverband
Band: 31 (1984)
Heft: 9

Artikel: Alarme : Son - propagation du son - mesurage du son
Autor: Schmid, Hans
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-367298>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 15.03.2025

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

Alarme: Son – propagation du son – mesurage du son

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 touchent 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. L'article ci-après, qui paraîtra en deux parties, démontre cependant qu'il n'en est pas forcément ainsi et que la diffusion du son ne suit pas toujours des règles simples.

1. Résumé

La propagation des sons provoqués par des signaux d'alarme exerce une influence considérable sur l'environnement. Dans cette perspective, l'exposé ci-dessous entend avant tout souligner qu'il est extrêmement difficile en fait de mesurer la puissance sonore d'un réseau de sirènes. C'est pourquoi les mesures comparatives des sirènes, souhaitées à juste titre et souvent effectuées par des organisations de protection civile, n'ont une signification que si elles sont exécutées et analysées par des spécialistes compétents. L'exposé mentionne par ailleurs que l'on peut effectivement renoncer à de telles mesures comparatives – qui sont la plupart du temps fort coûteuses et difficiles à interpréter – dans les régions où l'alarme doit être assurée, lorsqu'il existe déjà de tous les types de sirènes des valeurs acoustiques comparatives qui ont été établies sur la base de mesures uniformes, dans des champs libres appropriés, par un spécialiste neutre. D'un autre côté, les comparaisons des sirènes constituent bien un moyen approprié pour juger l'effet sur les niveaux équivalents des signaux d'alarmes, parfois très différents, émis par les divers systèmes de sirènes (électromécanique, électronique, pneumatique) et pour obtenir des données pratiques fiables sur les moyens d'alarme.

Le rayon d'action donné à chaque type de sirènes en fonction du niveau d'intensité sonore de celui-ci constitue une grandeur de planification et ne signifie pas que l'on garantira un niveau d'intensité sonore précis à distance dudit rayon. En pratique, des

différences de l'ordre de 20 décibels peuvent facilement apparaître, si bien que l'on peut par exemple rencontrer dans le même rayon, des valeurs d'intensité sonore de 80, 70 ou même 60 dB(A).

Afin qu'à l'avenir, toutes les sirènes de la protection civile mises en service pour alarmer la population puissent être comparées quant à leur niveau d'intensité sonore et quant à leur rayon d'action, il faudra mesurer leurs effets conformément au Règlement sur le mesurage acoustique des sirènes d'alarme de la protection civile¹.

2. Le son

De par sa nature physique, le son consiste en vibrations mécaniques dans un milieu élastique. Si le milieu est l'air, on parle de son aérien. Le son n'existe pas dans le vide.

2.1 Le champ sonore

On définit le champ sonore comme un espace rempli de matière (par exemple l'air), dans lequel se propage le son. La survenance d'ondes sonores est caractérisée par des oscillations spatiales et temporelles de la densité du milieu et donc de la pression.

2.2 Les paramètres du champ sonore

Pour décrire un champ sonore sur le plan quantitatif, on peut utiliser les paramètres du champ sonore tels que la pression acoustique, l'alternance du milieu v (vitesse des particules du milieu par rapport à leur état d'équilibre, à ne pas confondre avec la vitesse du son c) ou la distorsion acoustique (déplacement des particules du milieu par rapport à leur état d'équilibre). À côté de ces paramètres linéaires du champ sonore, il existe également des grandeurs quadratiques (grandeurs énergétiques), qui dérivent des paramètres linéaires. La mesure de l'énergie acoustique, qui traverse un élément de surface par unité de temps, est appelée la force ou l'intensité du son. L'intensité du son est proportionnelle au carré de la pression acoustique p .

2.2.1 La pression acoustique p

Sur le plan de la technique des mesures acoustiques, la pression acous-

tique p constitue celui des paramètres du champ sonore qui est le plus simple à concevoir. Un microphone convertit les fluctuations de la pression dans l'air, en une amplitude de tension alternative qui est ensuite transformée dans un sonomètre. De par leur nature, la plupart des microphones sont capteurs de pression. L'oreille humaine constitue également un capteur de pression.

2.2.2 Le niveau de pression acoustique ou niveau sonore L

La pression acoustique n'est, dans la règle, pas donnée en valeur absolue, mais comme un multiple de 20 du logarithme décimal, du rapport entre la pression acoustique et une valeur de référence, exprimée par une unité non dimensionnelle appelée décibel, en abrégé dB. La valeur de référence de la pression sonore admise sur le plan international est de $20 \mu\text{ Pa}$ ($1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2 = 10^{-5} \text{ bar}$). Cette valeur représente pratiquement le seuil d'audition de l'oreille humaine pour une audio-fréquence de 1000 Hz. Ce rapport logarithmique représente le niveau sonore L .

Niveau sonore $L = 20 \log_{10}$

$$\frac{\text{pression acoustique } p}{\text{valeur de référence de la pression acoustique } P_0} \text{ en dB}$$

Dès lors, un appareil de mesure du niveau sonore ne donnera pas la pression acoustique absolue mais le niveau sonore ou niveau de pression sonore, en dB selon la formule exprimée ci-dessus. Le domaine des pressions acoustiques situé entre le seuil d'audition et le seuil de la sensation douloureuse pour l'oreille couvre environ six décades. Elle va de $20 \mu\text{ Pa}$ jusqu'à environ 20 PA, ce qui représente un domaine dynamique de 10^6 (1 million) à 1. L'utilisation de l'échelle logarithmique ou échelle dB permet de réduire ce domaine énorme à un champ d'intensité sonore mieux saisissable allant de 0 à 120 dB. On peut utiliser l'exemple théorique suivant pour illustrer l'échelle dB:

Une sirène produit à une certaine distance un niveau sonore de 100 dB. Si l'on ajoutait au même endroit une seconde sirène identique, cela doublerait la puissance acoustique donnée ou l'intensité acoustique. Mais cela ne signifie pas que la valeur en dB du niveau sonore qui en résulte doublerait et serait de 200 dB. L'augmentation ne serait en effet que de 3 dB. Si l'on voulait atteindre ensuite une augmentation supplémentaire de 3 dB, il faudrait à nouveau doubler la puissance acoustique des deux sirènes,

¹ Règlement de l'Office fédéral de la protection civile sur le mesurage acoustique des sirènes d'alarme de la protection civile.

c'est-à-dire ajouter deux sirènes supplémentaires. C'est ainsi qu'avec quatre sirènes, l'augmentation du niveau sonore ne croîtrait que de 6 dB par rapport à une sirène et s'élèverait à 106 dB.

1 sirène	100 dB
2 sirènes	103 dB
4 sirènes	106 dB
8 sirènes	109 dB
16 sirènes	112 dB

Dès lors, une telle façon d'accroître le niveau sonore d'une région couverte par des sirènes n'est admissible ni sur le plan économique ni sur le plan pratique.

La sensibilité subjective de l'oreille nous permet de percevoir des variations du niveau sonore pour des niveaux et fréquences moyens de 1 à 3 dB déjà. Cette perception devient très claire pour un changement de 5 dB, elle est ressentie comme deux fois plus intense pour 10 dB.

2.3 L'appareil de mesure du niveau sonore ou sonomètre

Le schéma de la *figure 1* représente la structure principale d'un sonomètre. Les oscillations de la pression de l'air sont enregistrées par un microphone, converties en tension alternative et transmises par un commutateur de sensibilité et un amplificateur. Le signal amplifié est ensuite évalué dans un filtre à réponse fréquentielle puis redressé et affiché sur un indicateur.

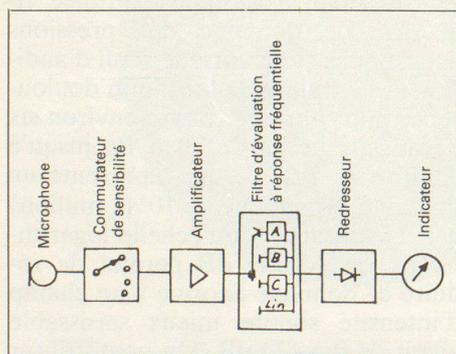


Fig. 1. Appareil de mesure du niveau sonore.

On peut inscrire plusieurs normes internationales d'évaluation sur le filtre à réponse fréquentielle. Selon la CIE, ce sont les évaluations à réponse fréquentielle A, B et C. La plupart des mesures soniques utilisent actuellement l'évaluation A. Il s'agit d'une évaluation à réponse fréquentielle qui correspond à peu près exactement à la caractéristique de fréquence de l'oreille humaine pour une puissance sonore de 40 phons. Un grand nombre de petits appareils modernes de

mesure du niveau sonore ne sont souvent équipés que d'un filtre A intégré. L'évaluation A est également prévue pour donner des informations statistiques comme l'équivalent énergétique du niveau sonore moyen L_{eq} . Ce niveau moyen L_{eq} se calcule par l'intégration du niveau sonore selon l'évaluation A pendant un temps défini. La détermination de L_{eq} a une signification avant tout pour la signalisation sonore à fréquences fluctuantes. Les appareils de mesure de l'intensité sonore qui peuvent exercer cette fonction sont appelés sonomètres intégrés.

3. La propagation du son

Les sirènes d'alarme peuvent être considérées comme des sources ponctuelles dont le front d'ondes se déplace depuis le centre d'émission de façon sphérique. A grande distance (appelée la zone), les fronts des ondes peuvent être regardés comme des plans parallèles. L'intensité sonore se comporte de manière indirectement proportionnelle au carré de la distance séparant la source du son et le récepteur du son; cela signifie que l'intensité sonore diminue de 6 dB chaque fois que la distance double. En plus de cette loi sur la propagation des ondes, il convient en pratique de tenir compte en outre des conditions du milieu ambiant, qui, dans un milieu réel comme l'atmosphère, agissent de manière significative sur le comportement du rayonnement des ondes sonores.

Il s'agit

- de la réflexion et de l'absorption, suivant la topographie, les constructions sur le sol, la nature du terrain et les fréquences multiples du signal d'alarme (les fréquences les plus élevées ont une atténuation additionnelle plus grande par rapport à la distance);
- des couches d'air ayant des vitesses différentes (les gradients de la vitesse de l'air) et des turbulences provoquées par les vents et l'ascendance thermique²;
- des couches d'air ayant des températures différentes (les gradients de température);
- de la température;
- de l'humidité relative de l'air.

3.1 L'influence du vent

Si l'ensemble des couches d'air se mouvait à vitesse constante au-dessus de la surface du sol, cela n'aurait aucune influence sur la propagation du son, c'est-à-dire que l'intensité sonore serait calculée de façon sembla-

ble «dans le sens du vent» comme «contre le vent». Ce n'est donc pas le vent contraire à lui seul qui est responsable de l'affaiblissement de l'intensité sonore à certains emplacements déterminés, mais ce sont les gradients du vent. On peut se représenter les gradients du vent comme des couches d'air ayant des vitesses croissant de façon différente dans une direction. Abstraction faite des turbulences, cela se manifeste pratiquement par le fait que la vitesse du vent au sol est quasi nulle et qu'elle augmente au fur et à mesure que l'on s'élève au-dessus du sol. De ce fait, l'onde sonore est déviée dans une certaine direction et cela engendre «une zone d'ombre» dans laquelle les affaiblissements d'intensité sonore peuvent aller jusqu'à 30 dB. En règle générale, les renforcements d'intensité sonore qui se produisent dans l'autre direction ont moins d'importance (*fig. 2*).

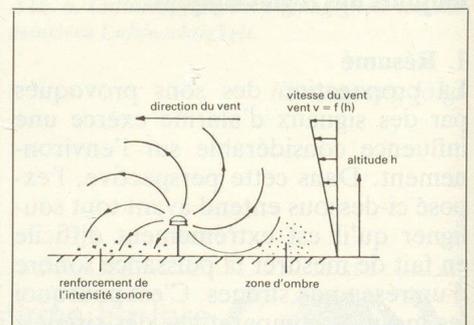


Fig. 2. La réfraction de l'onde sonore consécutive à l'effet des gradients du vent.

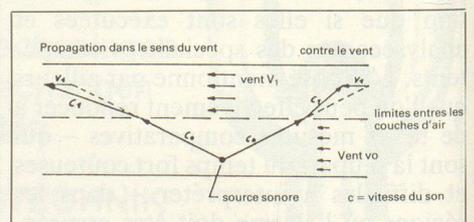


Fig. 3. Propagation du son entre des couches d'air ayant des vitesses différentes.

3.2 L'influence des gradients de température

La vitesse du son dans l'air augmente avec la température, dans l'atmosphère réelle, la température diminue à mesure que l'altitude croît (comportement normal de la température, *fig. 4a*). Lorsque des ondes sonores entrent dans une couche d'air ayant une basse température, la vitesse du son diminue et le rayonnement sonore est réfracté à la couche limite (loi de la réfraction). Cela signifie qu'en présence de vent les rayons sonores sont constamment déviés depuis le sol et qu'à une certaine distance de la source sonore il y a des zones d'ombre (*fig. 5a*). Cependant, en raison de la non-

² Ce phénomène peut être expliqué par une simple présentation vectorielle (*Fig. 3*).

homogénéité de l'atmosphère avec ses turbulences et ses différences locales de température (vents ascendants thermiques), les zones d'ombre ne sont pas fixes mais sont soumises à de grandes variations d'intensité sonore.

Il peut arriver également que dans les couches d'air proches du sol, la température augmente avec l'altitude. On appelle ce phénomène «inversion de température», où le gradient de température est positif (fig. 4b). En cas d'inversion de température, les rayons sonores sont réfractés près de la surface du sol, si bien qu'ils ne constituent pas de zones d'ombre. Au contraire, certaines régions connaissent des renforcements de l'intensité sonore (fig. 5b).

Le cas d'un double gradient de température comme le présente la figure 4c est rare, mais a les mêmes effets qu'un canal sonique dans lequel les ondes sonores sont transportées à de grandes distances sans affaiblissement considérable.

3.3 Influence de l'humidité et des précipitations

L'absorption acoustique (transformation de l'énergie acoustique en chaleur) dans l'air a une relation complexe avec la fréquence sonore, l'humidité et la température. On peut dire en général que l'absorption s'accroît à

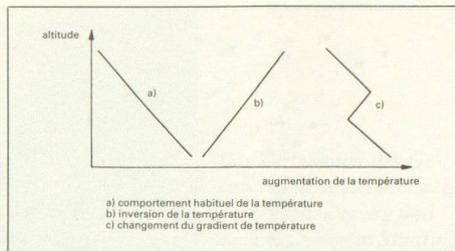


Fig. 4. Gradients atmosphériques typiques de température.

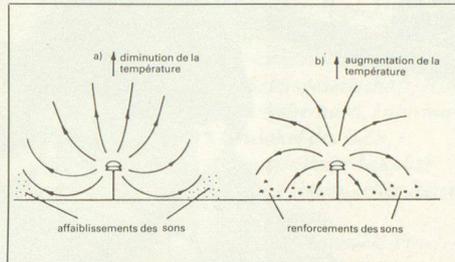


Fig. 5. Déviation des sons dans une atmosphère avec a) un comportement normal de la température b) une inversion de température

mesure qu'augmente la fréquence de signaux. Quant aux rapports avec la température et l'humidité relative de l'air, l'amortissement des sons tend à augmenter avec la température et à diminuer lorsque l'humidité relative de l'air s'élève. On ne peut pas présenter de façon particulière les effets du brouillard, des chutes de neige et de

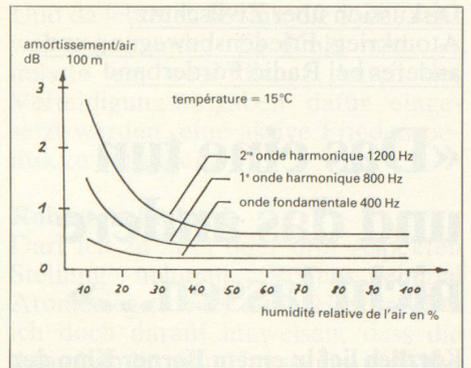


Fig. 6. Amortissement de l'air en relation avec l'humidité relative de l'air.

la pluie. On peut cependant mentionner qu'en cas de brouillard ou de précipitations on constate souvent une inversion de température, entraînant des effets inhérents à ce phénomène (voir chiffre 3.2).

Les courbes caractéristiques de la figure 6 montrent bien comme l'absorption acoustique dépend de l'humidité relative de l'air et de la fréquence sonore. Ces courbes sont tirées des valeurs tabulées du manuel ISO³. L'exemple ci-dessous tient compte d'une température constante de 15°C.

Suite au prochain numéro.

³ ISO standards Handbook 4, 1980 Acoustics, vibration and shock.

Impressum

Herausgeber / Editeur / Editore
Schweizerischer Zivilschutzverband
Union suisse pour la protection civile
Unione svizzera per la protezione civile
Postfach 2259, 3001 Bern

Zentralpräsident / Président central / Presidente centrale
Professor Dr. Reinhold Wehrle
4524 Günsberg SO
Präsident der Informations- und Redaktionskommission
Président de la Commission de rédaction et d'information
Presidente della Commissione stampa e redazione
Charles A. Reichler, 1701 Fribourg

Zivilschutz Protezione civile Protection civile

Redaktion / Rédaction / Redazione
Heinz W. Müller, Schweizerischer Zivilschutzverband, Postfach 2259, 3001 Bern, Telefon 031 25 65 81
Druck und Versand / Impression et expédition / Stampa e spedizione
Vogt-Schild AG, Druck und Verlag, CH-4501 Solothurn, Telefon 065 247 247
Inseratenverwaltung / Administration des annonces / Amministrazione inserzioni
Vogt-Schild Inseratendienst, Kanzleistrasse 80, Postfach, CH-8026 Zürich, Telefon 01 242 68 68, Telex 812 370
Abonnement: Fr. 35.- für Nichtmitglieder (Schweiz) Fr. 45.- (Ausland)
Abonnement: Fr. 35.- pour non-membres (Suisse) Fr. 45.- (étranger)
Abbonamento: Fr. 35.- per non membri (Svizzera) Fr. 45.- (estero)
Einzelnummer / Numéro individuel / Numero separato Fr. 4.-
Erscheinungsweise / Parution / Apparizione
zwölfmal jährlich (3 Doppelnummern)
12 numéros par an (3 numéros doubles)
12 numeri all'anno (3 numeri doppi)

Beglaubigte Auflage (WEMF) 25068 Exemplare
Edition contrôlée (REMP) 25068 exemplaires
Edizione controllata (WEMPF) 25068 esemplari

Für Zivilschutzliegen sind Sie bei ACO genau richtig.

Kommen Sie in unseren Ausstellungsraum.

funktionsrichtig: Die neue, stapelbare COMODO-Liege entspricht allen Zivilschutzanforderungen.

materialrichtig: Solide Stahlrohrkonstruktion mit Steckverbindungen für vielseitigen Einsatz. Liegebespannung einzeln auswechselbar.

BZS-richtig: BZS 1-atü schockgeprüft und subventionsberechtigt.

budgetrichtig: Kompletter Service und Gesamtberatung inbegriffen.

ACO macht Zivilschutzräume zweckmässig.

ACO-Zivilschutzmobiliar
Allenspach & Co. AG
Untere Dünnerstrasse 33
4612 Wangen bei Olten
Tel. 062 32 58 85



ZS-INFO-COUPON

Senden Sie mir/juns bitte Informationen über stapelbare ACO-Zivilschutzliegen. Danke.

Name: _____

Telefon: _____

Adresse: _____

Gemeinde: _____

