

Matériel supplémentaire 6.4

Détection des fuites et méthodes de localisation

Objectif

Pour repérer les fuites qui n'apparaissent pas à la surface de la terre dans les systèmes de distribution d'eau enterrés, on utilise la plupart des méthodes acoustiques ordinaires. L'utilisation des méthodes acoustiques de détection des fuites requiert aussi bien des connaissances de base sur la propagation des ondes acoustiques et l'oscillation des conduites que des connaissances techniques poussées sur les instruments ordinaires.

Ce matériel supplémentaire explique le contexte des méthodes acoustiques de détection des fuites. Les détails techniques tels que les composants des instruments acoustiques, le mode opératoire, les champs d'application respectifs, les avantages et limites de ces instruments acoustiques sélectionnés sont donnés.

Comme les méthodes acoustiques de détection des fuites sont moins appropriées pour les systèmes d'approvisionnement d'eau non permanent, la méthode non acoustique, celle du traceur à gaz, est également décrite dans ce matériel supplémentaire.

Groupe cible

Toute compagnie des eaux qui veut en savoir davantage sur l'implémentation correcte des méthodes acoustiques de localisation et de détection des fuites.

1 Contexte

Propagation des ondes acoustiques

Le transport de l'eau à une certaine pression à travers les conduites d'eau provoque toujours un bruit. Des frictions, courbes et les changements de dimension conduisent à des pertes d'énergie permanentes qui sont converties en sons acoustiques. Cet écoulement de l'eau provenant d'une fuite constitue une source de perte élevée d'énergie locale, car l'écoulement provoque une réduction de la pression de tout le système, la ramenant à zéro. Dépendant de plusieurs facteurs, ce bruit peut se dissiper en ondes acoustiques sur une longue distance. Les principaux facteurs clé influents sont le matériau des conduites, les diamètres, l'épaisseur du mur, la pression et le sol environnant. La propagation des ondes acoustiques travaille aussi bien pour les conduites métalliques ou à parois dures. A cause de leur faible élasticité, la petite énergie du son est absorbée par les murs. Le niveau du bruit augmentera en cas de pression élevée de l'eau et de petits orifices de fuites.

Les ondes acoustiques se propagent dans l'eau au long du réseau des conduites dans les deux directions de la fuite et peuvent être mises à profit pour la détection des fuites. Des fréquences plus basses peuvent voyager plus loin que les hautes fréquences, car elles sont moins atténuées par l'environnement. Cependant, les basses fréquences ne peuvent pas toujours être entendues par les oreilles humaines, car elles se situent au-delà de notre spectre d'écoute.

La vitesse du son dépend du matériau de la conduite et du ratio entre le diamètre et l'épaisseur du mur. Pour les conduites en métal, la vitesse est d'environ 1,200m/s. Pour les conduites en plastique, qui sont beaucoup plus élastiques, la vitesse du son se situe entre 300 et 600m/s. L'équation générale pour la rapidité du son dans les conduites remplies d'eau est la suivante :

$$v_p = \frac{v_0}{\sqrt{1 + \frac{(E_e * D)}{(E_c * d)}}} \quad (1)$$

où	V_p	<i>vitesse du son dans la conduite</i>
	V_0	<i>Vitesse du son dans un champ libre d'eau</i>
	E_e	<i>module de l'élasticité de l'eau</i>
	E_c	<i>module de l'élasticité du matériau de la conduite</i>
	D	<i>diamètre extérieur de la conduite</i>
	d	<i>épaisseur du mur de la conduite</i>

Les enregistreurs et corrélateurs de bruit des fuites utilisent la propagation des ondes acoustiques pour détecter et localiser les fuites.

Oscillation des conduites

L'eau qui sort par l'orifice d'une fuite ne se manifeste pas par un flux constant mais des pulsations. Cela conduit à des turbulences au niveau de l'écoulement et cause des variations de pression au point de sortie. La pression variable se manifeste par des vibrations des conduites et du sol environnant.

L'oscillation des conduites est transmise au long des conduites comme bruit structurel (structure-born) et dans le sous-sol environnant comme bruit provenant du sol. Les bâtons d'écoute et les microphones de sol sont basés sur ce principe.

Détection des fuites via les traceurs à gaz

Les gaz inerte, légers tel que l'hydrogène H_2 ou l'hélium He peuvent également être utilisés pour la détection des fuites. Comme ils constituent les plus petites molécules du tableau périodique, ils ont la capacité de pénétrer concrètement aussi bien le couvert du sol des conduites d'approvisionnement d'eau ou l'asphalte. La détection de tels gaz peuvent être faite via un capteur micro électrique.

2 Explication détaillée de la théorie

En général, on peut distinguer entre détection et localisation des fuites. La détection, connue également comme sondage des fuites, signifie l'inspection générale de la section d'une conduite ou d'une zone d'approvisionnement en eau pour recueillir des informations sur l'éventuelle existence de fuites. La localisation peut être vue comme l'étape suivante après le sondage. Elle a pour objectif de localiser exactement les fuites existantes.

Dans la prochaine section, les méthodes acoustiques de détection des fuites suivantes seront décrites :

- Enregistreurs de bruit de fuite
- Bâtons d'écoute
- Microphones de sol
- Corrélateurs de bruit de fuite

2.1 L'enregistreur de bruit de fuite

1. Détails techniques

Composants: Senseur acoustique (accéléromètre), enregistreur de données programmable, programme de logiciel

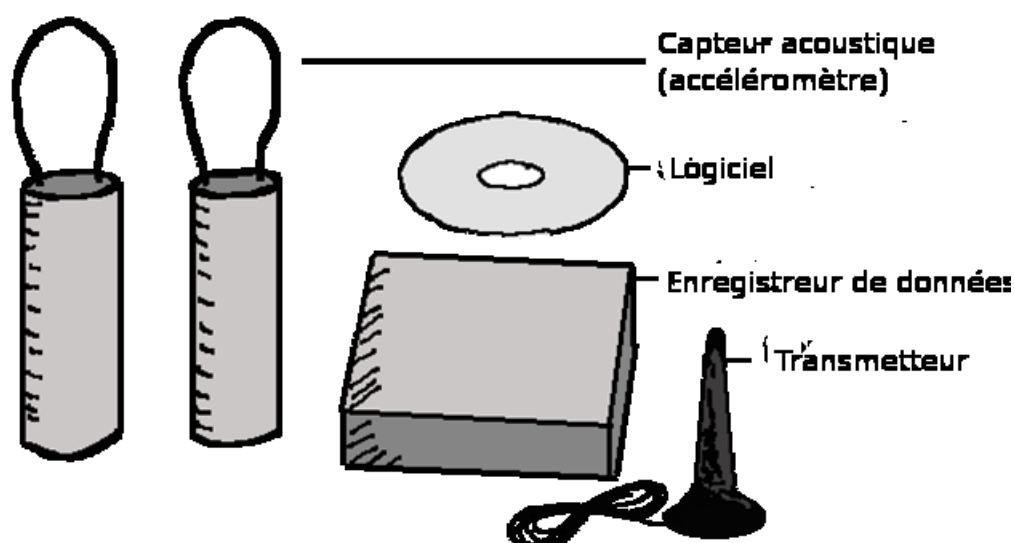


Figure 1: Exemple d'enregistreur de bruit de fuite

Les enregistreurs de bruit de fuite sont généralement utilisés pour détecter les fuites et sont basés sur une analyse statistique de la fréquence des niveaux de bruit de fuite enregistrés. Il existe deux types d'enregistreurs de bruit de fuite : les capteurs de bruit montés à l'extérieur et les hydrophones installés à l'intérieur. Les capteurs de bruit ont une base magnétique qui peut être attachée aux vannes, prises d'eau ou accessoires. De nos jours, les accéléromètres sont souvent des capteurs piezo-céramiques qui montrent un grand degré de sensibilité. Un hydrophone est un microphone qui peut être utilisé pour écouter et enregistrer sous l'eau.

Il peut être directement insérer dans la conduite pour avoir un contact direct avec l'eau et pour prendre davantage de la meilleure propagation des ondes acoustiques dans la colonne de l'eau. L'objectif de l'enregistreur des données est de stocker les résultats des mesures. Les données peuvent être téléchargées manuellement ou de façon téléguidée. Un logiciel connu des utilisateurs peut être utilisé pour illustrer les enregistrements sous forme d'histogrammes.

2. Mode opératoire

Pour les enregistreurs de bruit, il existe différents concepts d'opération. Soit ils sont utilisés pour le monitoring continu d'une zone d'approvisionnement en eau ou ils sont utilisés à la demande. Dans le premier mode d'opération, les enregistreurs sont installés soit permanemment ou semi-permanemment en grand nombres à une distance d'environ 300m. Les données enregistrées sont téléchargées et analysées régulièrement. Dans le mode de demande, les enregistreurs sont maintenus prêts en stock à l'agence des eaux. En cas d'augmentation de la consommation, ils sont déployés en groupes de 30 et placés à l'endroit où les fuites élevées sont suspectées. Sur les conduites en plastique, les instruments devraient être placés le plus près possible. De meilleurs résultats seront obtenus pendant les périodes de basse consommation aux heures de la nuit, car la pression sera plus élevée et les bruits d'arrière-plan seront plus bas.

3. Champ d'application respectif

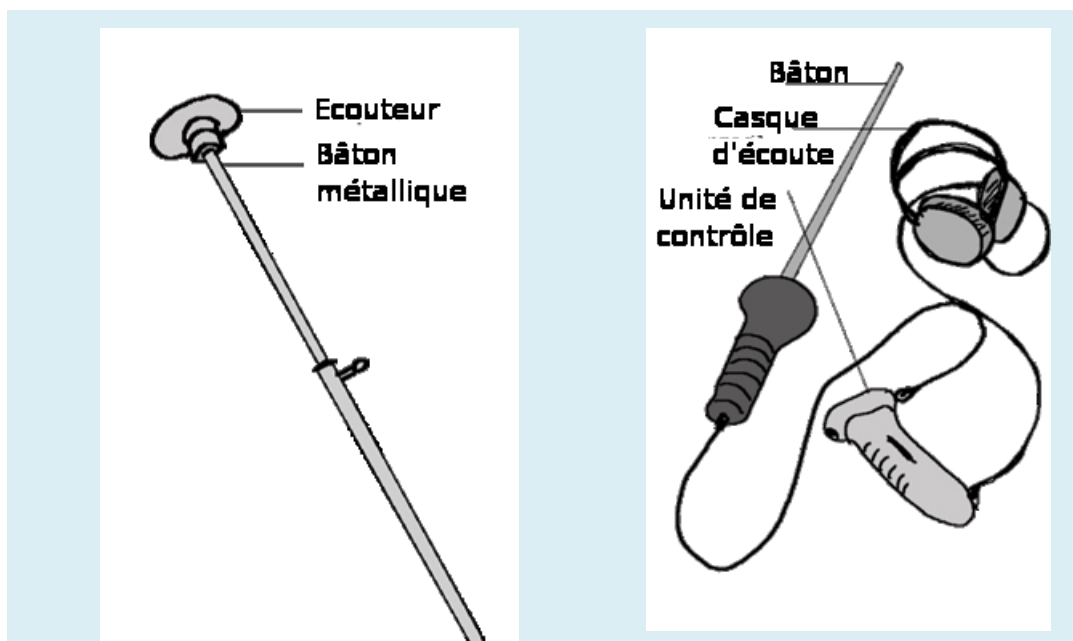
Les enregistreurs de bruit de fuite sont utilisés pour le sondage dans les grandes zones mais pas pour la localisation exacte des fuites. Bien qu'il existe des enregistreurs de bruit corrélatifs équipés d'un programme de logiciel supplémentaire. Par le moyen de corrélation croisée, ils peuvent être utilisés pour la localisation des fuites.

4. Avantages, inconvénients et limites

Les coûts directs de la main-d'œuvre sont plutôt bas (la mesure est automatisée)

L'intensité du bruit enregistré n'a pas de relation directe avec le débit de la fuite. Par conséquent, il n'est pas possible de distinguer les grandes ruptures provenant des fuites mineures moins importantes. Mais, l'intensité pourrait être un indicateur pour la distance jusqu'à la fuite.

En cas d'enregistreurs de corrélation : l'exactitude de la technique de corrélation pourrait être faible.



2.2 Bâton d'écoute

1. Détails techniques

Le bâton d'écoute peut être décrit comme l'instrument acoustique le plus basique. Il existe deux types de bâtons d'écoute : les bâtons mécaniques simples ou ceux électroniquement amplifiés.

Les composants des bâtons mécaniques: bâton métallique (avec une chambre amplificatrice de son), une pièce d'écoute.

Composants additionnels des bâtons électroniques: microphone, écouteur, unité de contrôle.

2. Mode opératoire

Les bâtons d'écoute sont utilisés en contact direct avec les composants du système (vannes, prises d'eau ou accessoires)

Pour les bâtons mécaniques, un degré élevé d'expérience des utilisateurs est nécessaire pour identifier et différencier les bruits des fuites.

Les bâtons d'écoute électroniques sont plus faciles à utiliser. Les filtres et les lecteurs numériques transforment les bruits de fuites en sons clairs. Ils offrent également une transformation des sons qui

ne peuvent pas être entendus par des oreilles humaines en signaux électriques. Cette technique est importante pour les conduites en plastique ou à grand diamètre.

3. Champ d'application respectif

Les bâtons d'écoute sont utilisés pour la détection des fuites. Lorsqu'une section de conduite suspecte entre deux vannes est identifiée, l'alignement de la conduite pourrait être sondé par un microphone de sol.

4. Avantages, inconvénients et limites

Mécaniques: pas couteux, simples et efficaces, mais une expérience est nécessaire et ils exigent beaucoup de temps car chaque vanne doit être évaluée. Pour les conduites à fréquences de résonnance basse, telles que les conduites en plastique ou les conduites à grands diamètres, les bâtons d'écoute ne peuvent pas être utilisés.

Electroniques: utilisation facile

2.3 Microphone de sol

1. Détails techniques

Composants: microphone, transducteur électroacoustique, raccord BNB, bâton d'extension, écouteur, bâton de contact (pour le mode de contact), un carter isolant (isolating housing) utilisé comme protection contre les bruits du trafic et le vent.

Le microphone de sol possède un microphone hautement sensible qui enregistre les bruits de fuite. Le transducteur électroacoustique est un capteur qui convertit l'énergie du son en signal électrique. Le raccord BNB est utilisé pour la connexion du signal.

2. Mode opératoire

Les microphones de sol peuvent être utilisés en deux modes opératoires différents. Soit en contact direct avec les accessoires des conduites ou en mode sondage. Le mode sondage est utilisé pour rechercher des fuites au long des conduites entre les accessoires. Le microphone est placé sur le sol à différents endroits pour noter les changements dans l'amplification du son.

3. Champ d'application respectif

Utilisés pour la localisation exacte des fuites après qu'elles aient été détectées par une autre méthode.

4. Avantages, désavantages et limites

Efficaces sur des conduites de murs à parois souples et ayant une pression de système basse.

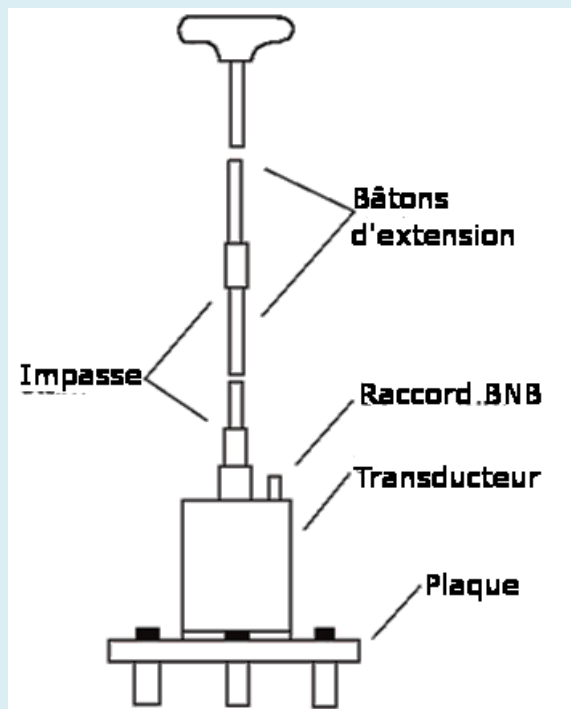


Figure 4: Exemple de microphone de sol

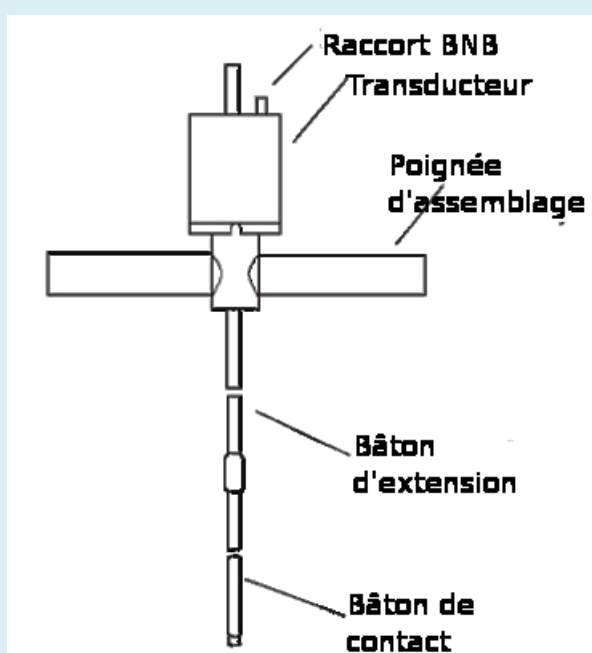
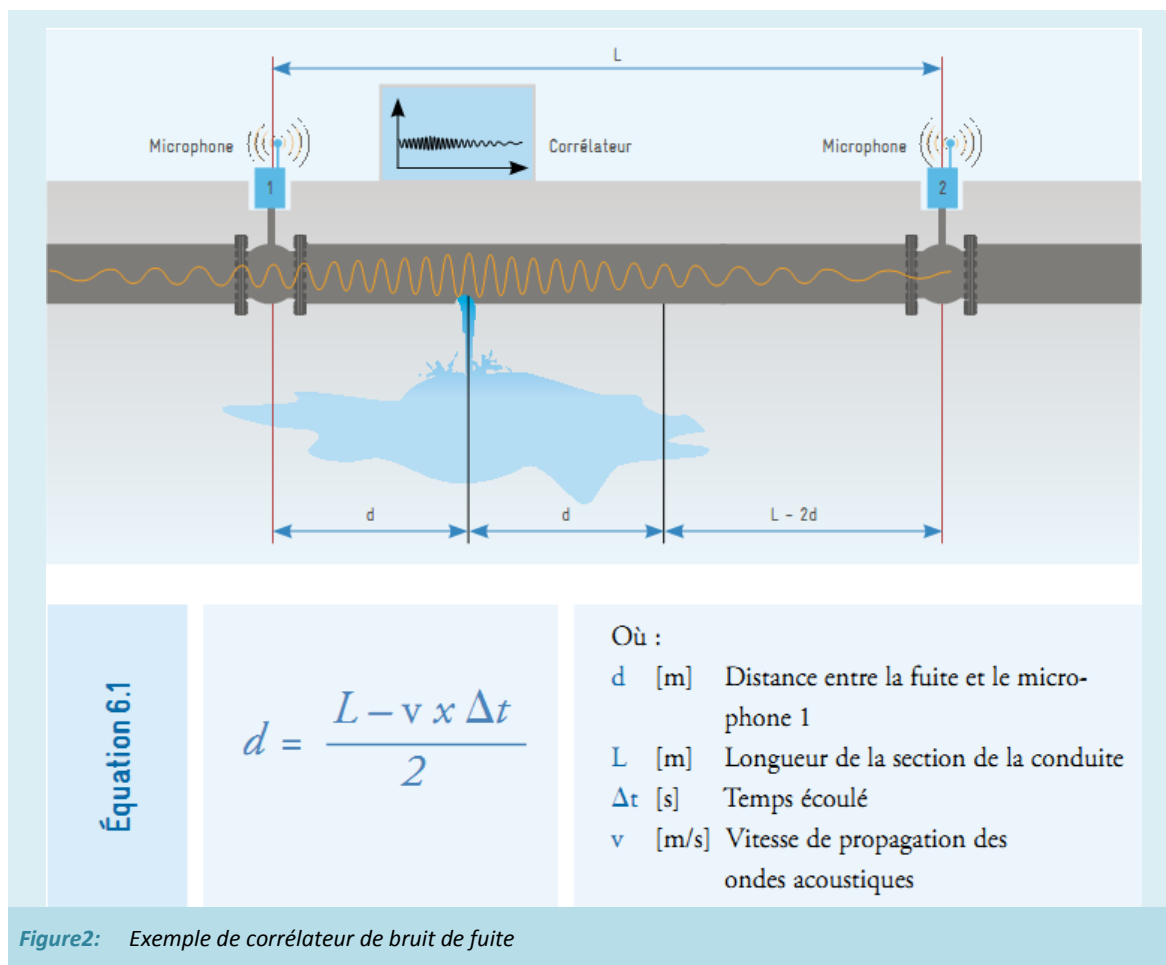


Figure 5: Exemple de microphone de contact

2.4 Corrélateur de bruit de fuite

1. Détails techniques

Composants: 2 microphones (ou hydrophones), 1 transmetteur sans fil, 1 corrélateur portable



2. Mode opératoire

C'est une méthode qui peut être décrite comme la plus sophistiquée des instruments de détection acoustique des fuites. Elle n'est pas basée sur le niveau de bruit des fuites, mais repose sur la vitesse avec laquelle le bruit de la fuite se propage le long d'une conduite. Le bruit de la fuite est mesuré à deux endroits de la section de la conduite. Le microphone placé plus près de la fuite sera d'abord atteint par le son de la fuite. Le bruit mesuré est transmis sans fil jusqu'au corrélateur portable, qui détermine la position de la fuite. Les signaux acoustiques enregistrés sont corrélés croisés pour calculer le délai de temps entre les signaux qui sont émis de la même source. Le corrélateur analyse la structure du bruit et mesure le délai du temps Δt jusqu'à ce qu'un bruit de la même structure soit enregistré au second microphone.

Comme donnée de base, la longueur de la conduite, le diamètre et le matériel doivent être connus. Les instruments sont portables et peuvent être exploités par une personne ou deux. La précision de la méthode atteint +/- 2m.

3. Champ d'application respectif

Il peut être utilisé comme un instrument de sondage pour la détection des fuites dans les sections des conduites ou pour localiser exactement les fuites. Quand le corrélateur est utilisé comme outil de sondage, la paire de microphones devrait être placée à des endroits différents de la section du réseau (peut être planifié via une carte de sondage).

4. Avantages, désavantages & limites

Il n'est pas affecté par le bruit ambiant et peut de ce fait être utilisé durant le jour.

N'est pas si efficace sur les conduites dont les murs sont à parois souples et ayant une pression basse du système. Pour augmenter le son, on peut utiliser des hydrophones pour ces conduites.

2.5 Traceur à gaz

Comme les méthodes acoustiques ne peuvent pas toujours être utilisées dans un système d'approvisionnement intermittent, une méthode convenable pour ces conditions devraient être introduite. Les traceurs à gaz sont très fiables pour la localisation des fuites mais sont seulement utilisés dans des cas précis. Cela est dû au fait que cette méthode exige beaucoup de temps et est couteuse. L'utilisation des traceurs à gaz requiert un équipement spécial et un savoir-faire et est principalement faite par des entrepreneurs spécialisés. De ce fait, seul un bref aperçu des méthodes est donné dans un tableau de question-réponses.

Question	Réponse
Quels gaz sont utilisés?	Hydrogène industriel (95% azote, 5% hydrogène) et hélium
Quelles préparations sont-elles nécessaires?	Les sections de conduite doivent être vidées de leur eau et isolées par la fermeture des vannes du système avant l'entrée du gaz.
Comment le gaz est-il inséré?	Le gaz peut être introduit via une prise d'eau, un compteur de délimitation ou par l'arrêt interne du robinet du client.
Comment les fuites sont-elles localisées?	Le gaz léger peut quitter la section de la conduite via les fuites et apparaître à la surface (il est à même de pénétrer l'asphalte et le ciment). Les fuites peuvent être détectées en marchant le long de la section de la conduite avec un capteur microélectronique.
Avantage	Technique très efficace
Désavantages	Installation et apparition du gaz à la surface peut prendre du temps, coûts

3 Références

Farley, M., Leakage Management and Control, WHO, 2001.

Hamilton, S., ALC in Low Pressure Areas – It can be Done, in Proceedings of the 5th IWA Water Loss Reduction Specialist Conference, pp 131-137, Cape Town, South Africa, April 2009.

Hartley, D., Acoustics Paper, in Proceedings of the 5th IWA Water Loss Reduction Specialist Conference, Cape Town, South Africa, April 2009. [Bulletin des méthodes acoustiques, publié dans Proceedings]

Lange, G.: The Right Understanding of Acoustics can bring Leak Localization a Step Forward, in Proceedings of the 5th IWA Water Loss Reduction Specialist Conference, Cape Town, South Africa, April 2009.

Pilcher, R., Leak detection practices and techniques: a practical approach. Water 21 - Magazine of the International Water Association. 2003, S. 44-45.