



Interreg



UNION EUROPÉENNE
UNIONE EUROPEA

**MARITTIMO-IT FR-MARITIME
REPORT**

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

GUIDE AU BRUIT PORTUAIRE



**Ce guide vise à informer
le lecteur sur le bruit du port,
lui permettant de connaître avec
grande clarté et
plus de sensibilité de cette question**

INDEX

Introduction

Partie 1

Le bruit

Qu'est-ce que le bruit?	..7
Comment percevons-nous le son?	..8
Les effets du son sur la santé	..9

Partie 2

Bruit de port

Les sources de bruit dans la zone portuaire	..11
Propagation du son dans la zone portuaire	..12
Surveillance	..13
Instrumentation	..14
Le climat acoustique	..15
Modélisation du bruit de l'environnement	..15
La législation	..16

Partie 3

Connaissances

Propagation sonore : réflexion, réfraction, diffraction	..18
Le sonomètre	..19

Coopération entre Régions



Le programme Interreg Italia-France Maritime 2014-2020 est un programme transfrontalier cofinancé par le Fonds européen de développement régional (FEDER) dans le domaine de la coopération territoriale européenne (CTE). Le programme vise à atteindre les objectifs de la stratégie de l'UE 2020 dans la région de la Méditerranée du centre-nord, de promouvoir une croissance intelligente, durable et inclusive. L'objectif principal est de renforcer la coopération entre les territoires désignés (Corse, Sardaigne, Ligurie, Massa-Carrara, Lucca, Pise, Livourne, Grosseto, Français des Alpes-Maritimes et le Var) afin de faire de cet espace une région compétitive dans le Scène européenne et méditerranéenne



6,5 mln
les personnes
impliquées

Dans la mer Nord Tyrrhénienne, le bruit des ports affecte le développement des villes portuaires le long des côtes italiennes et françaises. L'augmentation du transport de biens et de trafic passagers provoque souvent des situations de conflit et d'exposition de la population à la pollution acoustique. Par conséquent, l'Union européenne favorise une action coordonnée afin de contrôler et de réduire le bruit des ports dans la zone de coopération du programme INTERREG IT-fr Marittimo, avec un investissement de plus de 9 millions d'euros. Les organisations et les institutions publiques de la Toscane, de la Sardaigne, de la Corse, de la Ligurie, de PACA et de Var partagent ce programme ambitieux visant à réduire et à contrôler le bruit du port. Par conséquent, six projets ont été financés pour élaborer une stratégie et promouvoir en même temps une collaboration entre les parties prenantes du port. Report, Rumble, Monacumen, Decibel, Port de liste et Triple constituent un groupe de projets pour la lutte contre la pollution sonore, visant à atténuer le bruit des ports, à l'étude de différents aspects dans un cadre politique coordonné sur une zone spécifique.



SIX
projets

Plus de 9
mln €
alloué



Partie 1

LE BRUIT



Quel est le bruit?

Le son est une perturbation de la pression avec des caractéristiques telles perçues par l'oreille humaine. Cette oscillation qui se diffuse dans un moyen élastique (gazeux, liquide et solide) a lieu sans transport de matière, mais uniquement d'énergie. Par exemple, pour un son transmis dans l'air, celui-ci ne subit pas de déplacement, mais chaque molécule présente vibre autour d'une position d'équilibre résultant des variations de petite pression par rapport à la pression moyenne. Dans le vide, il n'y a pas de moyen élastique, il ne peut y avoir de son. Par bruit, nous voulons dire les sons que nous ne voulons pas écouter. C'est une distinction psychologique non physique; C'est une différence subjective, une attitude personnelle. Parmi les caractéristiques et la taille du son d'une plus grande pertinence, nous trouvons :

Fréquence F, mesurée en Hertz (Hz), correspondant au nombre de fois par seconde dans laquelle la pression relative ΔP fluctue entre des valeurs positives et négatives ; La caractéristique d'un son de bas (grave) à haut (aigu) dépend de la fréquence ;

L'amplitude A, mesurée dans Pascal (PA), relative à la largeur de l'onde et indicative du niveau sonore

Une autre caractéristique du son est le **timbre** qui, à parité de fréquence, distingue un son d'un autre. Par exemple, une note de piano présente des composants harmoniques différents par rapport à la même note, avec la même fréquence, émise par un autre instrument de musique. Un son est audible par l'oreille humaine si elle a des fréquences comprises entre 16 Hz et 16 000 Hz et si la pression est supérieure à $20 \cdot 10^{-6}$ Pa ; Le seuil de douleur est dépassé lorsque les valeurs de pression supérieur à 20 PA.

Vous saviez que ...

la vitesse de propagation dans l'air dans des conditions standard de température, d'humidité et de pression est égale à 344 m / s (1,238 km / h); Dans l'eau, il est de 1500 m / s et dans l'acier de 5000 m / s.

Comment pouvons-nous percevoir le son ?

L'oreille humaine n'a pas la même sensibilité aux différents sons de fréquence différente.

Parmi les composants qui influencent la sensibilité et l'inconfort vers un bruit par le sujet exposé, en plus de la fréquence et de l'amplitude, il existe également d'autres facteurs tels que l'âge, la santé, l'historique des expositions de bruit précédentes, de l'intensité, de la sensibilité auditive, du niveau d'éducation individuelle et culturelle.

De plus, les sentiments d'inconfort dus à des sons complexes (présence de plusieurs fréquences) et de bruit peuvent être influencés par des phénomènes masquant. Lorsque deux sons sonnent à l'oreille d'un auditeur, l'un des deux peut prédominer de l'autre jusqu'à le masquer complètement. Par exemple, les émissions sonores générées par des navires peuvent être moins perceptibles pendant la journée car elles sont masquées par d'autres sons tels que le trafic de véhicules ou le chemin de fer et sont plutôt plus évidents pendant la nuit.

En raison de la non-linéarité de l'oreille humaine pour percevoir les sons, car il est anatomiquement plus sensible aux fréquences élevées que les courbes de pondération (A, B, C, D) sont introduites. Leur utilisation est appliquée pour assurer, par exemple, une pesée correcte de l'instrumentation de détection de bruit telle que le niveau de son, afin de simuler la réponse de l'oreille humaine.

Expérimentalement, la courbe qui s'est révélée être plus répandue aux besoins de reproduction de la réponse de l'oreille humaine est la courbe de pondération A (qui réduit considérablement les fréquences inférieures à 1000 Hz et accentue ceux entre 1000 et 5000 Hz).

Un niveau de pression acoustique exprimée en dB et pesé par filtre A est exprimé avec le mot dB (A).

Vous saviez que ...

une variation du niveau de bruit de 1 dB (A) est très peu perceptible de même qu'une variation du niveau de bruit de 3 dB (A) qui représente le doublement de l'intensité du son.

Une variation du niveau de bruit de 10 dB (a) correspond à un doublement de la sensation de son.



Les effets du son sur la santé

Les effets produits par le bruit sur l'organisme humain sont multiples et différents par rapport aux caractéristiques du phénomène sonore (par exemple, niveau de pression acoustique, composition de bruit spectrale), dans les temps et les procédés d'exposition et également à la réponse subjective de la personne concernée.

Une graduation des effets conduit à reconnaître différents niveaux classifiables comme :

- a) **gêne**, lorsqu'un sentiment générique d'inconfort produit par l'intrusion de bruit est ressenti ;
- b) **Trouble auditif**, lorsqu'une alphabétisation des conditions psycho-physiques est trouvée.
- c) **Dommages auditifs** Lorsqu'une altération totalement ou partiellement permanente se produit et qui peut être déterminée d'un point de vue clinique.

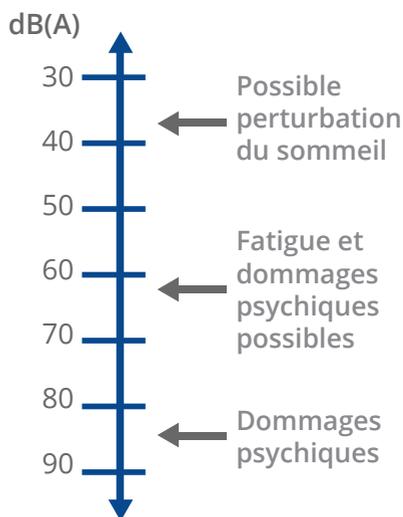
En fonction du type de dommages auditifs, nous distinguons :

Traumatisme acoustique, il s'agit d'un préjudice organique soudain que subit l'oreille en raison d'une énergie acoustique excessive et fait référence aux effets d'une seule exposition ou plusieurs d'expositions à des niveaux sonores extrêmement élevés.

Déplacement temporaire du seuil auditif (NITTS, changement de seuil temporaire introduit par bruit), qui se

résout dans une augmentation des niveaux auditifs (perte de sensibilité réversible).

Déplacement permanent du seuil auditif (nips, changement de seuil permanent induit de bruit). Dans ce changement, la perte n'est pas réversible. Il peut dériver du traumatisme acoustique ou de l'effet cumulatif des expositions de bruit répétées sur plusieurs années.



Vous saviez que...

Un camion positionné à environ 5 m peut produire un niveau de pression sonore d'environ 80 dB (a), tandis qu'un aspirateur positionné à environ 1 m peut être de 82 dB (a)

Partie 2

LE BRUIT DU PORT



Les sources de bruit dans la zone portuaire

Les principales sources de son et de bruit dans les villes sont dues à : routes, chemins de fer, aéroports, trafic maritime et activités portuaires.

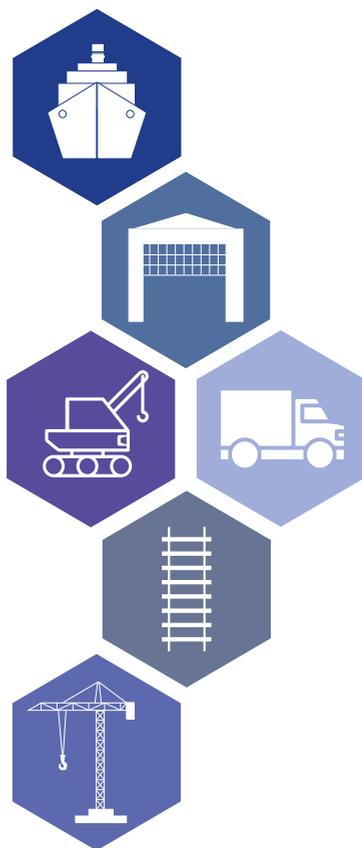
Dans la dernière thématique, le bruit produit par des navires est particulièrement pertinent car il peut générer de fortes perturbations pour les habitants de la zone à la fois dans la phase d'approche et de manœuvre et lors des phases de chargement et de déchargement. En outre, la grande variété de bateaux présents dans un port implique différentes émissions sonores. Pour ce type de source, on ajoute d'autres activités à la raison d'activités portuaires telles que des grues et des moyens terrestres, contribuant à rendre la zone portuaire un lieu constitué d'une multiplicité de sources de bruit.

Plus précisément, une liste des principales sources de bruit peut être trouvée dans un port :

- Les navires, dont les dimensions variées peuvent affecter le bruit produit et sa propagation
- Chariot avant, Contactage, Ascenseurs de fourchettes, Transtainer (grue de portail) pour la manipulation et les marchandises de conteneurs pleins et / ou vides. Leur fonction peut varier en fonction de la taille et de la capacité de chargement / déchargement du véhicule.
- grue de quai frotté
- Crane Quay classée en fonction de la

taille du navire sur lequel ils peuvent opérer et comme le précédent pour le mouvement des biens et des conteneurs

- Tracteurs et vrac pour le déplacement de biens et de charges
- trafic routier tel que voitures, fourgonnettes, remorques et camions
- Ceintures de convoyage utilisées par exemple pour le transport de matériaux



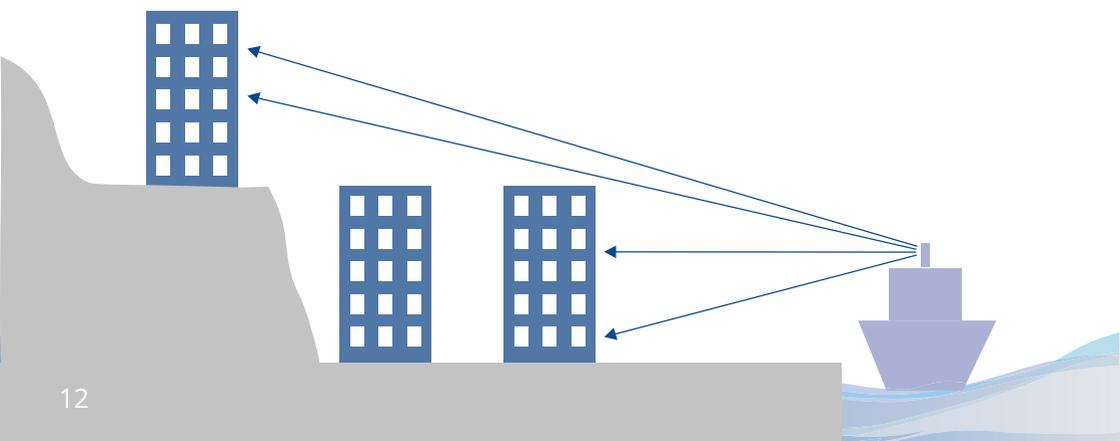
Propagation du son dans la zone portuaire

Dans un environnement portuaire compris dans une zone urbaine, la propagation du son est complexe à définir en raison de la **multiplicité des sources** en jeu et du nombre élevé d'éléments présents.

En général, la mer est une composante qui facilite la propagation du son en raison des phénomènes de réflexion sur la surface de l'eau. Dans des contextes hautement urbains, la **composition des bâtiments**, leur stratigraphie et leurs géométries peuvent contribuer à la transmission de l'onde sonore.

Un autre composant qui peut affecter est la **morphologie du terrain**. Les maisons situées dans des positions supérieures par rapport au niveau de la mer, telles que dans les zones vallonnées, peuvent être désavantagées et recevoir plus d'intensité le bruit du port en raison du manque de barrières entre eux et la source sonore.

Comme on peut le voir de la représentation sous-jacente, le bâtiment positionné à une altitude plus grande reçoit directement la contribution de la source sonore, tandis que le premier bâtiment sur le niveau de la mer joue un rôle de barrière artificiel pour le derrière. Dans ces cas, l'atténuation fournie par le bâtiment peut atteindre des valeurs comprises entre 10 et 15 dB. Parmi les aspects qui influencent la réduction du bruit, nous trouverons certainement le type de matériaux choisis, les caractéristiques géométriques du bâtiment et les éléments qui l'entourent.



Surveillance

La surveillance joue un rôle fondamental pour l'étude et l'identification des problèmes dans un environnement portuaire et citoyen associé au bruit.

L'élaboration d'un **système de surveillance** efficace nécessite l'étude attentive de l'état de l'art, l'analyse des sources sonores et leur classification, la mise en œuvre du réseau de détection phonométrique et le traitement et la diffusion des résultats.

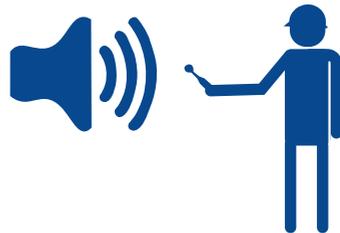
Les données découlant de la surveillance sont une condition essentielle pour identifier des mesures de gestion structurelles et / ou efficaces pour l'atténuation du trouble. Par exemple, grâce à une surveillance et à l'utilisation minutieuse de ses systèmes (système de transport intelligent), il est possible de redistribuer le trafic sur le réseau et de réduire le niveau de pression acoustique sur les points les plus critiques identifiés par analyse.

En outre, contrairement aux autres types de bruit, tels que celui provenant d'aéroports ou de routes, les normes actuelles sont insuffisantes pour le bruit du port. Ce **manque de réglementation** est principalement dû au nombre d'organes et d'autorités impliquées et la complexité du port comme source de bruit.

Un grand port peut être considéré comme une petite ville avec diverses activités qui, à leur tour, peuvent être

des sources de bruit complexes.

Ces considérations rendent plus difficiles à effectuer une surveillance correcte et une caractérisation du bruit, c'est-à-dire de définir les caractéristiques de la source étudiée et éventuellement pouvoir reproduire le fonctionnement. En fait, en fonction des caractéristiques du bruit, on peut effectuer des **mesures ponctuelles** (par exemple peut être faite pour caractériser un seul événement) ou des **mesures à long terme** (par exemple dans le cas de véhicules). Par exemple, dans le cas de la caractérisation d'un grand navire, qui peut générer une forte perturbation pour les habitants de la zone, à la fois dans la phase d'approche et de manœuvre et lors des phases de chargement et de déchargement, l'utilisation d'une instrumentation correcte et de l'élaboration des données s'avèrent être une activité assez complexe.



Instrumentation

En ce qui concerne les outils utilisés dans les systèmes de surveillance, nous trouvons :

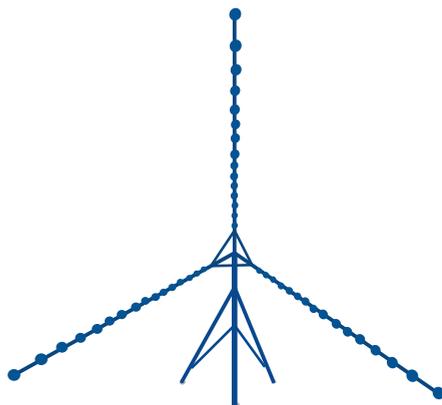
- **Le sonomètre** simule la réponse de l'oreille humaine, mesurant le niveau de pression acoustique. Dans un environnement complexe comme le port, il n'identifie pas seulement le bruit de la source en question, mais mesure également toutes les sources voisines, pas nécessairement du port, ce qui a donc un impact significatif. En outre, il est impossible de prendre en compte les effets, les réflexions et les phénomènes similaires dans la zone entourant le point de mesure.

- **les sondes** sont limitées à la mesure des sources stationnaires de moyenne et petite taille

- **Les grilles de microphones**, bien que dans de nombreux cas, ne pouvant être utilisées à partir d'un point de vue pratique (absence de grues ou d'autres moyens pour effectuer des mesures de hauteur), sont efficaces pour caractériser les émissions acoustiques des navires (source sonore) dans différentes positions. La configuration de mesure consiste en une ou plusieurs séries de microphones positionnées linéairement sous la forme d'une grille, dans un espace défini. Les points de microphones doivent être positionnés à une distance fixée à partir de la source, avec des tolérances réduites, de manière à effectuer une comparaison directe entre les niveaux d'origine, sans qu'il soit

nécessaire d'appliquer un modèle de propagation.

- **L'antenne acoustique**, représentée ci-dessous, est un instrument de mesure relativement récent dans l'acoustique. Cette technologie identifie et quantifie la source sonore et fournit une image d'un environnement acoustique via le traitement de signaux acoustiques multidimensionnels reçus par un réseau de microphones, chevauchant l'image acoustique (carte acoustique) à l'image vidéo. Le chevauchement automatique fournit des réponses rapides aux positions des sources sonores dominantes, grâce à l'utilisation commune des signaux acquis par les différents capteurs. Le résultat est une "photo acoustique" dans laquelle le comportement du son peut être vu sur l'image, représentée par une échelle chromatique.



Le climat acoustique

Pour le climat acoustique, il existe des conditions sonores existantes dans une partie spécifique du territoire, dérivant de toutes les sources sonores naturelles et anthropiques. Le climat acoustique peut être défini comme une **carte de bruit** : à tout moment de l'espace, un niveau de bruit global résultant des sources d'émission est perceptible. L'ensemble des valeurs de bruit de chaque point fournit le climat acoustique d'une zone. Une évaluation climatique acoustique doit être effectuée conformément à la législation et aux domaines concernés par la réalisation de: crèches et écoles maternelles, hôpitaux, maisons de repos, de parcs publics urbains et extra-urbains, de nouvelles colonies résidentielles proches des aéroports, des aérodromes, Autoroutes, routes, discothèques, domaines privés et exercices publics où des machines ou des équipements, des installations de sport et de loisirs, des chemins de fer sont installés.

Modélisation du bruit de l'environnement

Ces dernières années, il prend de plus en plus d'ampleur l'utilisation d'un logiciel spécifique pour modéliser l'environnement externe et dans lequel effectuer des simulations relatives à la propagation du bruit. Cette approche présente un intérêt particulier car il le permet :

- **concevoir et simuler** la propagation du bruit dans une réalité tridimensionnelle
- Fournir des **cartes** 3D modèles de bruit.
- simuler la **caractérisation acoustique** de la zone analysée, conformément aux réglementations nationales et internationales de calcul des sources sonores
- Introduire **diverses sources sonores** dans la simulation telle que la route, le rail, l'air et le bruit de port
- générer des **modèles 3D**

Par conséquent, la modélisation acoustique est particulièrement importante dans les mesures d'atténuation du bruit, car elle offre la possibilité de :

- identifier **l'intervention la plus appropriée** pour garantir **l'atténuation correcte du bruit** et offrir une amélioration de la qualité de vie des habitants
- Comparez une zone sélectionnée avant et après les actions de retrait de bruit et d'atténuation

La législation

Les ports donnant sur la Méditerranée sont souvent entourés de zones urbaines densément peuplées sur lesquelles ils ont une incidence sur le bruit généré par des sources sonores de ports. Ce problème est de plus en plus d'attention au niveau réglementaire et technique en raison de la sensibilité croissante des habitants exposés à la pollution sonore.

La directive 2002/49 / CE concernant la détermination et la gestion du bruit de l'environnement a été mise en œuvre dans le système italien avec décret législatif no. 194/2005.

Le décret, comparé à la norme-cadre précédente, définit une approche visant à éviter, prévenir ou réduire les effets néfastes de l'exposition au bruit de l'environnement, à travers :

- la détermination de l'exposition de la population au bruit de l'environnement par une cartographie acoustique ;
- les informations au public par rapport au bruit et à ses effets ;
- L'adoption de plans d'action, basées sur les résultats de la cartographie du bruit, afin de réduire la pollution sonore, en particulier lorsque des niveaux d'exposition peuvent avoir des effets néfastes sur la santé humaine et préserver la qualité acoustique dans les zones où c'est bon. Les sujets à qui le décret législatif n. 194/2005 donne des obligations spécifiques sont les administrations d'agglomérations urbaines avec plus de 100 000 habitants

et gestionnaires des principales infrastructures de transport.

Les sources qui tombent dans le domaine de l'application du décret sont donc toutes les principales infrastructures de transport et, dans les agglomérats, le trafic aéroportuaire, le rail, les véhicules, ainsi que les sites d'activité industrielle, y compris les ports. Le bruit de port est « simplifié », l'assimilant au bruit industriel, sans prendre en compte la variété et la particularité des activités portuaires.

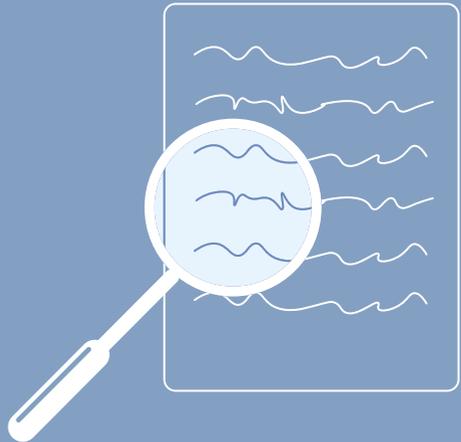
Toutefois, l'approche novatrice du décret est limitée par le manque d'harmonisation et de coordination avec le cadre réglementaire complexe en vigueur en vertu du droit. 447/95. Les décrets de mise en œuvre à laquelle la tâche de définir les aspects techniques de l'importance est également au chômage.

Par conséquent, les problèmes restent ouverts après la publication d'un décret législatif 194/2005, dont certains sont étroitement liés au contenu technique de la Directive européenne, d'autres découlant de la spécificité de la législation sur le bruit italien, d'autres encore de la lenteur avec laquelle les divers sujets des députés sont équipés des instruments prévus par la législation et de les mettre en œuvre.

Le programme maritime INTERREG et en particulier les projets de bruit de port peuvent apporter une contribution substantielle à la solution à ces problèmes, grâce au partage entre les divers sujets impliqués dans la connaissance, les approches et les expériences.

Partie 3

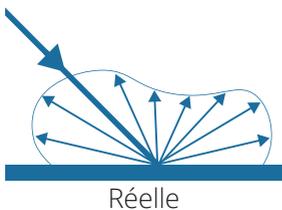
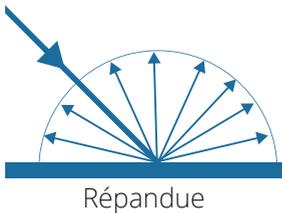
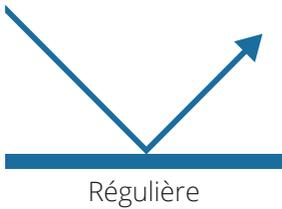
CONNAISSANCES



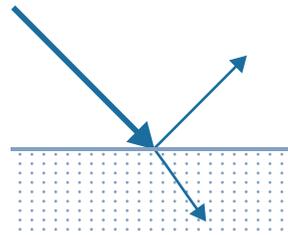
Propagation sonore : réflexion, réfraction, diffraction

Lorsqu'une onde sonore interagit avec des corps solides, il y a des phénomènes de réflexion, de réfraction et de diffraction.

En fonction des caractéristiques de la surface par rapport à la longueur d'onde, la **réflexion** peut avoir lieu de manière **régulière**, **répandue** ou **réelle**, ce dernier correspondant à un voie intermédiaire entre les précédents.



En **réfraction**, l'onde sonore, à la suite du passage entre une surface à une autre, subit une **déviaton des rayons sonores** eux-mêmes. Ce phénomène peut se produire par exemple dans le passage entre deux couches d'air de température différente.



La **diffraction** est principalement la **fonction** de la **longueur d'onde** et des **dimensions de l'obstacle**. C'est un phénomène physique concernant différents types d'ondes, de ceux à la surface de l'eau, d'une onde électromagnétique et sonore. En général, lorsqu'une onde se propage dans l'espace, il peut être confronté à différents types d'obstacles et en fonction des caractéristiques géométriques de ce dernier, il peut avoir différents comportements. Par exemple, cela pourrait être divisé au-delà de l'obstacle en générant des points "à l'ombre", dans lequel il ne pouvait pas atteindre si la propagation se faisait avec des rayons rectilignes.

En ce qui concerne l'onde sonore, son comportement peut être résumé

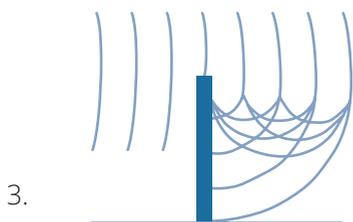
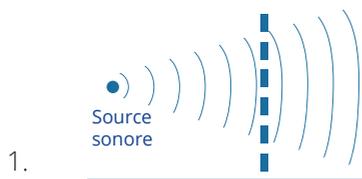
Le sonomètre

dans trois cas principaux :

1. Si une vague interagit avec des obstacles dont les dimensions physiques sont résolument inférieures à la longueur d'onde, l'**obstacle** peut être considéré comme **transparent**, c'est-à-dire comme s'il n'existait pas

2. Dans le cas où la longueur d'onde est beaucoup plus petite que la taille des obstacles, une **zone d'ombre** est générée

3. Si la taille des obstacles concerne celles de la longueur d'onde, la zone d'ombre est beaucoup moins définie en raison du phénomène de **diffraction** acoustique.

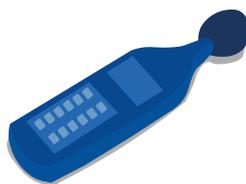


Le sonomètre, l'**instrument de mesure de niveau de pression**, se compose de divers appareils : le transducteur, qui, si le moyen de propagation est l'air est appelé microphone ; L'amplificateur, qui sert à amplifier les niveaux sonores, en particulier les plus bas ; le banc de filtre ; le dispositif de supplément ; Et enfin l'équipement externe, qui vous permet de lire les mesures directement à l'écran et de les mémoriser éventuellement.

Le niveau de son de son doit être **calibré** afin de fournir des données précises. Parmi les systèmes d'étalonnage les plus répandus, nous trouvons l'utilisation du piston phone, une source acoustique portable qui fournit un niveau précis de pression sonore, sur laquelle le sonomètre est réglé. Pour une bonne mesure pratique, l'étalonnage doit être effectué avant et après chaque série de mesures.

Actuellement, les sonomètres sont divisés selon la législation en vigueur dans **4 classes** d'instruments auxquels quatre niveaux de précision diminuent progressivement.

Il convient de noter que la législation italienne actuelle de lutte contre la pollution **prévoit** l'utilisation des sonomètres de **classe 1**.



Chaque projet appartenant au cluster lutte contre la pollution acoustique offre une contribution spécifique à la thématique : Etude du bruit du port et de sa réduction, en développant une approche complémentaire et intégrative du sujet, en particulier :

Report, traite de la modélisation de bruit, par l'intermédiaire de l'étude et de l'identification d'algorithmes spécifiques et de méthodes de calcul. Parmi les objectifs définitifs du projet, il est nécessaire d'identifier une méthodologie transfrontalière partagée et faite de la synthèse des contributions de tous les projets du cluster.

Rumble, traitant du bruit de port grâce à des actions de surveillance et à l'application de petites actions pilotes.

Monacumen développe une méthodologie d'analyse de la description acoustique et de la détection de bruit, une conception partagée de systèmes de surveillance et une collection et une vérification unitaire de données collectées.

Decibel, traite de petits ports touristiques et d'actions pilotes spécifiques

List.Port, étudie le bruit de port produit par le trafic routier et identifiant des systèmes pour régulariser le trafic et offrir une atténuation du bruit générée.

Triplo, traite de l'amélioration et de la durabilité des ports commerciaux et des plates-formes logistiques liées. Cette étude est intégrée en analysant les réactions de la population exposée au bruit.

Suivez-nous sur



www.interreg-maritime.eu

