

TS3 - PHYSIQUE-CHIMIE - SPÉCIALITÉ
SON ET MUSIQUE - SÉANCE 9/9

Domaine d'étude : son et architecture

Mots-clefs : isolation phonique, acoustique active

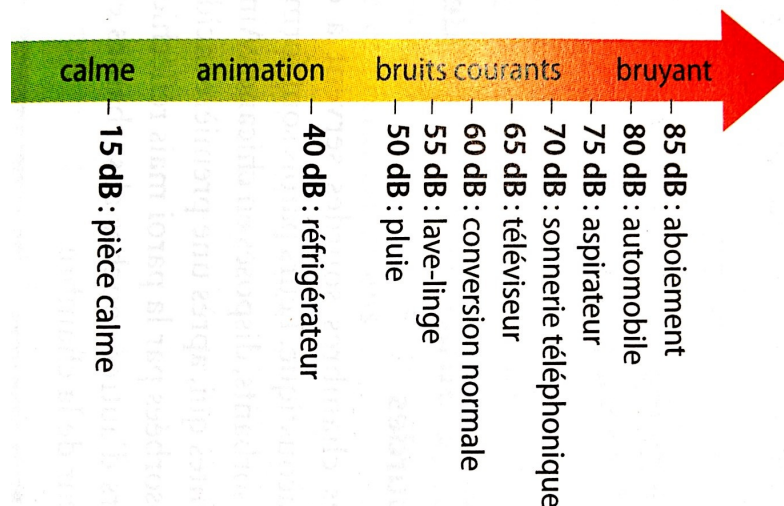
Contrôles passif et actif de la réverbération

CONTEXTE DU SUJET

D'une part, la recherche d'un minimum de nuisances sonores est une nécessité pour améliorer le confort d'une habitation. D'autre part, afin d'optimiser la bonne diffusion et l'écoute sonore, il faut donner à une salle une forme convenable et un temps de réverbération favorable. Quelles solutions les différents matériaux et les nouvelles technologies apportent-ils à ces problèmes ?

DOCUMENTS MIS À DISPOSITION

DOCUMENT I : NIVEAUX ACOUSTIQUES DANS NOTRE ENVIRONNEMENT



DOCUMENT II : INDICE D'AFFAIBLISSEMENT D'UN MATÉRIAU

Les matériaux d'isolation phonique sont caractérisés par une grandeur appelée indice d'affaiblissement dont la valeur s'exprime en décibel. Généralement noté R , il est égal à la différence de niveau d'intensité acoustique de chaque côté du matériau. Si on appelle L_1 le niveau sonore avant le matériau (donc du côté de la source) et L_2 le niveau sonore après le matériau, alors l'indice d'affaiblissement est donné par : $R = L_1 - L_2$.

On démontre d'autre part que cet indice d'affaiblissement vérifie la loi suivante, appelée loi de masse, et dans laquelle f est la fréquence de l'onde sonore, μ la masse volumique du matériau et e l'épaisseur du matériau : $R = 20 \cdot \log(f \cdot \mu \cdot e) - 45$.

DOCUMENT III : EXTRAIT DE L'ÉTIQUETTE D'UN CARREAU DE PLÂTRE

Matériau : Plâtre peint	Épaisseur (cm) : 10,0
Hydrofuge : Non	Hauteur (cm) : 50,0
Masse du carreau (kg) : 12,0	Largeur (cm) : 66,0
Norme : NF 501	

DOCUMENT IV : MODULER L'ACOUSTIQUE ET CORRIGER LES PROBLÈMES

Les techniques passives

Elles consistent à modifier la durée de réverbération en jouant sur l'absorption acoustique. Elles font appel à des moyens mécaniques qui se révèlent souvent lourds, bruyants et de surcroît onéreux. Citons, par exemple, les réflecteurs, les panneaux mobiles ou les rideaux absorbants, les éléments scéniques comme les décors ou les conques d'orchestre, et même parfois les parois et les plafonds mobiles.

D'après le site www.cstb.fr

Les techniques actives

Ces techniques ont été développées en 1965 avec l'objectif initial de prolonger le temps de réverbération des salles pour pouvoir y accueillir des concerts dans de bonnes conditions. Elles apportent à la salle les composantes acoustiques qui lui font défaut en utilisant des systèmes électroacoustiques constitués de microphones, de filtres, d'amplificateurs et de haut-parleurs. D'une pression du doigt, on sélectionne les paramètres les mieux adaptés pour chaque type de spectacle : théâtre, opéra, conférence, etc. Pour chaque ambiance, l'auditeur garde l'impression d'une acoustique naturelle : il ne détecte pas la présence du système actif.

On peut obtenir avec ces techniques une variabilité beaucoup plus efficace et flexible que celle obtenue par les moyens passifs. Pour l'exploitant d'une salle, l'acoustique active présente l'intérêt d'optimiser l'utilisation de son équipement. Pour les usagers, sur scène comme en salle, elle assure un grand confort acoustique. Pour les architectes et acousticiens, elle est le moyen de se libérer de certaines contraintes acoustiques, par exemple, une géométrie ou un type de matériaux qui ne procureraient pas les nécessaires réflexions du son.

D'après le site www.activeaudio.fr

DOCUMENT V : UN PROCÉDÉ NOVATEUR

« [...] Le Vendéspace bénéficiera d'un procédé novateur (inauguration en septembre 2012) : l'acoustique active. Ce procédé révolutionnaire permet de régler l'acoustique d'une salle en fonction du spectacle proposé grâce à l'incrustation dans les murs de petits micros et d'enceintes réglables électroniquement depuis la régie.

Ambiance à la carte

Pour vous donner une idée de la qualité de ce procédé, imaginez un instant que vous assistez à la finale d'un grand championnat : le son du ballon de basket, le crissement des chaussures sur le parquet et les cris déchaînés des supporters vous donnent l'impression de vivre le match au cœur de l'action.

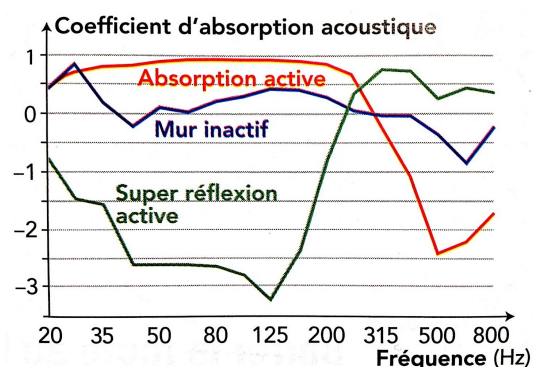
Le lendemain, vous revenez, mais cette fois pour écouter un opéra de Mozart. Là, le son est pur, le spectacle est grandiose. « Voilà l'une des grandes réussites du Vendéspace : recréer la plus belle des ambiances pour chacun des spectacles », s'enthousiasme Dominique Souchet, président de la commission culturelle et sportive. »

D'après « Le procédé novateur d'acoustique active : une première en Vendée », sur le site www.vendee.fr/dossiers/161/486/decouvrez-le-vendespace.htm



DOCUMENT VI : ACOUSTIQUE ACTIVE ET RÉVERBÉRATION

L'électronique associée à un mur actif permet de modifier son coefficient d'absorption acoustique α et donc son temps de réverbération T_r qui est, dans la plupart des cas, calculé par la relation de Sabine : $T_r = 0,16 \cdot \frac{V}{A}$ où A représente la surface équivalente d'absorption de la salle en mètres carrés et V le volume de la salle en mètres cubes. La surface équivalente d'absorption A d'une salle est liée aux coefficients d'absorption α_i des surfaces qui la composent par la relation : $A = \sum_i \alpha_i \cdot S_i$.



Grâce à ces dispositifs électroacoustiques, il est même envisageable d'obtenir des coefficients d'absorption négatifs.

DOCUMENT VII : LE PRINCIPE CARMEN®

Carmen®, Contrôle Actif de la Réverbération par Mur virtuel à Effet Naturel, est une technique active totalement originale, conçue par les chercheurs du CSTB (Centre Scientifique et Technique du Bâtiment). Elle est fondée sur un concept essentiel : pour les musiciens comme pour les spectateurs, la salle équipée de Carmen® doit respecter les lois naturelles de l'acoustique afin de préserver les couleurs sonores des instruments et la localisation des artistes. Le principe de Carmen® repose sur la création de murs virtuels actifs constitués d'un ensemble de cellules à réaction quasi locale, réparties autour de la salle, sur les murs et au plafond.

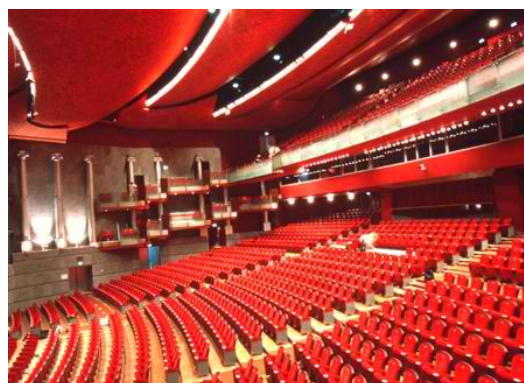
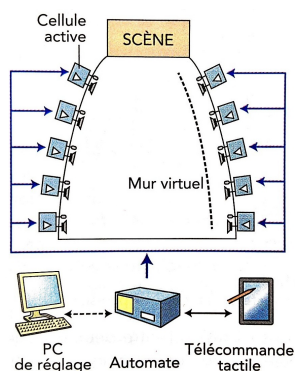
Chaque cellule capte et restitue en temps réel les sons comme s'ils étaient naturellement réfléchis. Une unité de traitement numérique spécialement développée effectue l'ensemble du traitement des signaux en temps réel. Cette architecture permet un contrôle facile et précis de tous les paramètres acoustiques et préserve la cohérence spatiotemporelle du champ sonore.

Chaque mur est constitué de plusieurs cellules actives ; un système complet en comporte de vingt à quarante. L'enrichissement du champ sonore s'obtient à partir de l'interaction entre les cellules, à l'image de ce qui se passe dans une salle de spectacle où la réverbération se construit par le jeu des réflexions successives sur les parois.

D'un spectacle à l'autre, les durées de réverbérations souhaitables varient énormément : de 0,8 à 1,2 seconde pour un concert de jazz et de 1,8 à 2,5 secondes pour une symphonie romantique.

Ainsi, toutes les salles de spectacle peuvent instantanément moduler leurs caractéristiques acoustiques en fonction du spectacle.

D'après I. Schmich, « L'acoustique des salles », sur le site www.cstb.fr



Le Grimaldi Forum à Monaco est équipé du système Carmen®

ÉNONCÉ DESTINÉ AU CANDIDAT

Extraire et exploiter des informations issues de documents scientifiques

ISOLATION PHONIQUE PASSIVE

Lors de travaux de rénovation, un particulier souhaite partager son salon en deux en construisant une cloison. Afin d'offrir un confort suffisant, cette cloison devra garantir une isolation phonique qui permette de regarder la télévision sans gêner les occupants de l'autre pièce qui deviendra une chambre d'amis.

1. Quelle est l'unité du niveau d'intensité acoustique ?
2. Quel instrument permet de mesurer le niveau d'intensité acoustique ?
3. Quelles sont les valeurs du niveau d'intensité acoustique produit par un téléviseur et celui souhaitable pour une chambre à coucher ?
4. En déduire la valeur de l'indice d'affaiblissement que devra avoir le matériau utilisé pour disposer du confort souhaité.
5. Proposer un protocole expérimental et dresser la liste du matériel nécessaire pour réaliser, au laboratoire, une expérience permettant de mesurer l'indice d'affaiblissement d'un carreau de plâtre pour cloison. On précisera notamment quels paramètres devront demeurer constants durant les mesures.
6. L'indice d'affaiblissement dépend-il de la fréquence de l'onde sonore ? Comment vérifier expérimentalement la réponse à cette question ?
7. Calculer la masse volumique μ des carreaux de plâtre pour cloison.
8. En déduire l'épaisseur e que devrait avoir un carreau de plâtre pour atteindre la valeur souhaitée de l'indice d'affaiblissement.
9. La valeur trouvée précédemment vous semble-t-elle acceptable ? Sinon, proposer une solution à ce problème.

ACOUSTIQUE ACTIVE

10. En quoi consiste l'acoustique active ?
11. Dans un tableau à double entrée, présenter les avantages et les inconvénients de l'acoustique active par rapport à l'isolation phonique passive. On ne se limitera pas nécessairement aux documents ci-dessus.
12. Comment l'acoustique d'une salle peut-elle être modifiée en fonction des réglages d'un mur actif ?
13. Comment est-il possible d'obtenir des coefficients d'absorption acoustique négatifs ?
14. Citer au moins une autre application de l'acoustique active et décrire son principe physique de fonctionnement.