

**TS2 - PHYSIQUE-CHIMIE - SPÉCIALITÉ
SON ET MUSIQUE - SÉANCE N°8**

Domaine d'étude : son et architecture

Mots-clefs : salle sourde, isolation phonique, réverbération

LES CHAMBRES SOURDES

CONTEXTE DU SUJET

L'isolation phonique a pour but d'éviter la propagation des ondes sonores provenant de l'extérieur ou de l'intérieur d'un local en les absorbant grâce à des matériaux qualifiés d'isolants acoustiques. Elle ne sert pas uniquement à améliorer l'acoustique des salles mais elle permet également de limiter les nuisances sonores. Les salles sourdes sont quant à elles spécialement conçues pour supprimer autant que possible les sons parasites.

DOCUMENTS MIS À DISPOSITION

DOCUMENT I : L'ÉCHO

C'EST QUOI L'ÉC(H)O-TAXE AU JUSTE ?

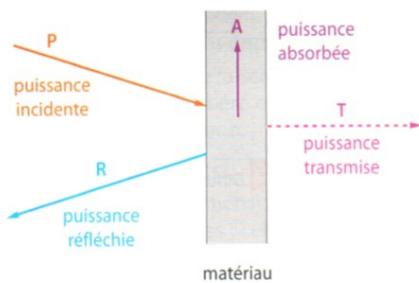


La réflexion d'une onde sonore se produit lorsqu'elle rencontre un obstacle. Une forme bien connue de réflexion des ondes sonores est l'écho. Le son est une onde longitudinale : les molécules constituant l'air vibrent dans la direction de propagation de l'onde. Si une onde s'approche d'une surface solide, comme un mur par exemple, celui-ci limite le mouvement des molécules de l'air. Les molécules au contact du mur peuvent même ne pas vibrer du tout.

Lorsque l'onde arrive, les molécules proches du mur poursuivent leur mouvement vibratoire vers lui jusqu'à ce que l'onde atteigne des molécules suffisamment proches du mur pour que celles-ci rebondissent finalement sur lui, redirigeant alors leur mouvement dans le sens opposé. C'est ce qui provoque la réflexion de l'onde. Les physiciens disent que le mur constitue une « condition-limite » pour l'onde.

Différents types d'obstacles peuvent produire différentes conditions-limites. Par exemple, l'onde peut rencontrer une paroi flexible, donc déformable, qui peut absorber une partie de l'énergie de l'onde fournie par les molécules pour déformer le mur sur lequel elles rebondissent. Dans ce cas, l'onde réfléchie possède une amplitude plus faible et l'écho est moins intense.

DOCUMENT II : RÉFLEXION, ABSORPTION ET TRANSMISSION DU SON



L'aptitude d'un matériau à absorber est évaluée à partir du coefficient d'absorption alpha de Sabine (α) par fréquence sur une échelle de 0 à 1 :

$$\alpha = \frac{\text{énergie absorbée} + \text{transmise}}{\text{énergie émise}}$$

DOCUMENT III : PIÈCE « SOURDE »

Le son incident sur un mur y est partiellement réfléchi. L'onde réfléchie atteint une autre paroi où, à nouveau, une partie d'elle est réfléchie. Le son est donc perceptible même après l'arrêt de son émission pendant une certaine durée, le temps de réverbération. Plus dures sont les parois, plus grande est la réflexion et, par conséquent, plus long est le temps de réverbération.

Une discussion dans une salle dont le temps de réverbération est grand devient rapidement inintelligible (salle sonore). On peut diminuer la réverbération grâce à des revêtements absorbants (moquette, tissu, polystyrène expansé, liège, etc).

Dans un laboratoire acoustique aux murs matelassés, le son n'est pas réfléchi : la pièce est dite « sourde ». Le temps de réverbération doit donc être ajusté en fonction de la destination du local.

DOCUMENT IV : DRÔLES DE CHAMBRES

Les véhicules comportent de nombreuses sources acoustiques : moteur, suspensions, roues, etc. Les constructeurs automobiles testent leurs modèles dans des salles sourdes appelées « chambres anéchoïques » afin de déterminer si les ondes sonores générées ne produisent pas de gêne pour les passagers du véhicule.



DOCUMENT V : ABSORPTION ET ISOLATION

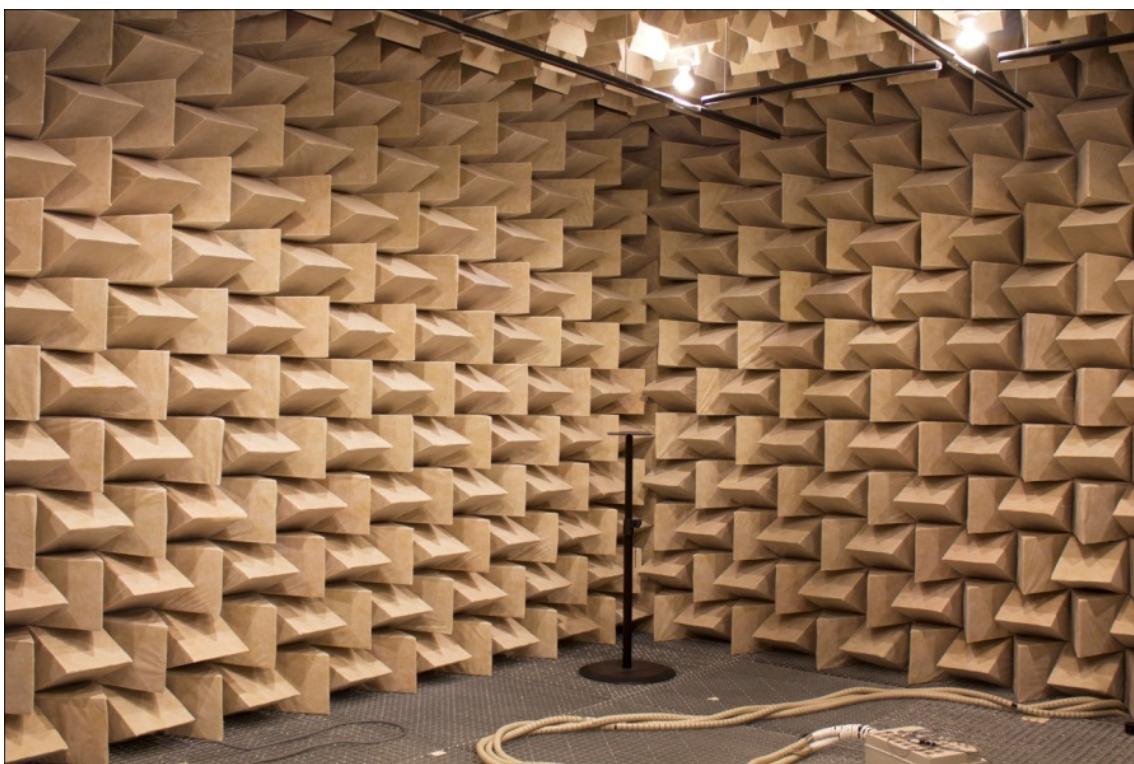
Lorsqu'une onde rencontre un obstacle comme un mur, un groupe de personnes, etc, une partie de son énergie acoustique est absorbée, ce qui engendre une diminution du niveau d'intensité sonore. On parle d'absorption acoustique.

On définit le coefficient d'absorption α d'un matériau comme le rapport entre l'énergie acoustique absorbée ou transmise à travers le matériau et l'énergie acoustique reçue. Ce coefficient dépend de l'angle d'incidence de l'onde reçue et de sa fréquence. En général, on ne précise pas l'angle et on utilise un coefficient d'absorption moyen pour tous les angles d'incidence.

Pour caractériser l'absorption d'une salle, on définit la surface équivalente d'absorption A de la salle par : $A = \sum_i \alpha_i \cdot S_i$ où α_i représente le coefficient d'absorption du matériau de surface S_i . Une chambre anéchoïque, ou salle sourde, possède un coefficient d'absorption de 1. C'est une salle qui permet de conserver uniquement le son direct, son émis par la source.

DOCUMENT VI : STRUCTURE DES PAROIS DES CHAMBRES SOURDES

Les chambres sourdes servent à certaines études d'acoustique. Leurs parois sont formées de matériaux absorbants, disposés en chicanes. Ainsi, les ondes incidentes qui, après une première incidence, ne sont pas absorbées mais réfléchies par la paroi sont renvoyées vers d'autres couches absorbantes et non vers l'intérieur de la chambre.

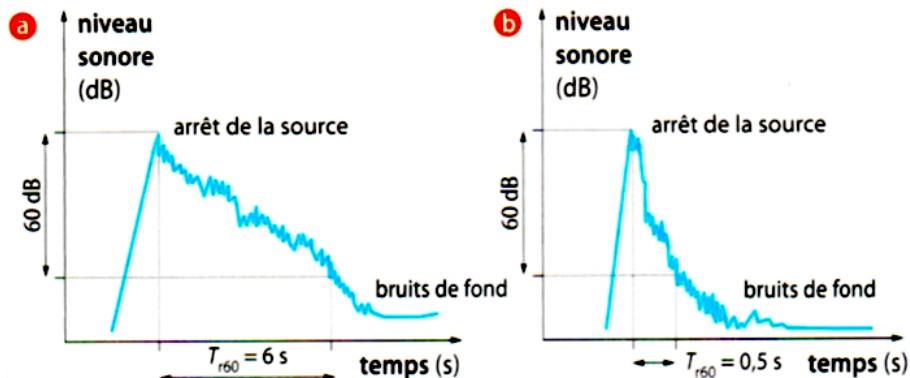


DOCUMENT VII : TEMPS DE RÉVERBÉRATION ET HOME CINÉMA

Le temps de réverbération, noté Tr_{60} est déterminant pour l'ambiance acoustique d'une pièce. Pour une salle home cinéma, le temps de réverbération idéal se situe aux environs de 0,5 à 0,6 seconde pour une fréquence de 1000 Hz. Attention : en-dessous, la pièce deviendra trop mate, trop feutrée. Idéalement, il faudrait que cette valeur soit la même à toutes les fréquences.

Dans la salle de la figure Ⓐ, avec un temps de réverbération de 6 secondes, les paroles vont se mélanger et une impression de cacophonie va se créer. Dans la salle de la figure Ⓡ, les dialogues sont intelligibles et l'ambiance acoustique de la salle est agréable.

Le temps de réverbération est directement liée au volume acoustique V et à la surface d'absorption équivalente A de la salle. Dans la plupart des situations, la durée de réverbération se calcule par la formule de Sabine : $Tr_{60} = 0,16 \times \frac{V}{A}$ où Tr_{60} s'exprime en seconde (s), la surface A en mètres carrés (m^2) et le volume V en mètres cubes (m^3).



DOCUMENT VIII : CHOIX DE MATERIAUX POUR UNE SALLE HOME CINEMA

Prenons l'exemple d'une pièce présentant les dimensions suivantes : longueur 5 m, largeur 4 m et hauteur de plafond 3 m. On constate que, pour une pièce dont les murs, le plafond et le sol sont en béton brut, le temps de réverbération T_{r60} pour une fréquence de 1000 Hz est beaucoup trop élevé. Les dialogues sont difficilement compréhensibles et la salle est bruyante.

Traitons à présent la salle acoustiquement en recouvrant le mur avant de laine de roche, le sol de moquette épaisse et les murs latéraux et arrières, ainsi que le plafond, de plâtre peint. Le temps de réverbération à 1000 Hz est presque parfait, l'ambiance est devenue feutrée. Le tableau ci-dessous donne les coefficients d'absorption de certains matériaux.

Fréquence Matériaux	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	5000 Hz
Béton brut	0,010	0,010	0,015	0,020	0,050	0,070
Laine de roche	0,27	0,62	0,82	0,93	0,81	0,76
Moquette épaisse	0,12	0,20	0,25	0,45	0,40	0,35
Plâtre peint	0,010	0,010	0,020	0,030	0,040	0,050

ÉNONCÉ DESTINÉ AU CANDIDAT

Extraire et exploiter des informations issues de documents scientifiques

1. Quelles conditions doivent être réunies pour percevoir un écho ?
2. Quel nom donne-t-on au phénomène physique à l'origine de l'écho ?
3. Comment décrire, au niveau microscopique, l'apparition d'un écho ?
4. Un écho a-t-il nécessairement la même amplitude que l'onde sonore incidente ? Comment cela peut-il s'expliquer ?
5. Pourquoi un écho peut-il être entendu alors même que l'émission du son est déjà terminée ?
6. Quelle grandeur physique permet d'évaluer la durée d'un écho ?
7. Proposer une définition de cette grandeur.
8. Comment varient les propriétés acoustiques d'une salle en fonction de cette grandeur ?
9. Citer des exemples de salles où la durée de l'écho doit être longue et des exemples de salles où elle doit être courte.
10. Comment procède-t-on pour réduire la durée des échos dans une salle sourde ? Décrire les matériaux utilisés à cet effet.
11. Quelle est la principale propriété d'une salle sourde ?
12. Justifier le choix du mot « anéchoïque » également utilisé pour nommer une salle sourde.
13. Quelle est la valeur du coefficient d'absorption d'un matériau qui absorbe toute l'énergie acoustique qu'il reçoit ? d'un matériau qui réfléchit toute l'énergie acoustique qu'il reçoit ?
14. Calculer les surfaces d'absorption équivalentes à 1000 Hz pour la salle home cinéma avant et après traitement.
15. En déduire les temps de réverbération théoriques à 1000 Hz pour ces deux situations.
16. Comparer les deux valeurs trouvées précédemment et conclure.