

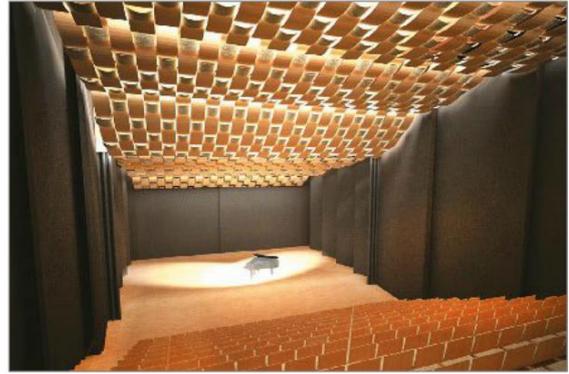
EXERCICES

Exercice n°1 : Le conservatoire de musique

Le directeur d'un conservatoire de musique a décidé de créer un auditorium dans le conservatoire afin d'auditionner les élèves musiciens dans les meilleures conditions. Il a donc créé le cahier de charges donné ci-dessous.

Cahier des charges

- Volume de la salle de forme parallélépipédique : $V = 200 \text{ m}^3$, avec une hauteur sous plafond : $h = 4,0 \text{ m}$.
- Surface totale des murs : $S = 120 \text{ m}^2$, recouverte d'un matériau absorbant de coefficient d'absorption acoustique α_m . Ce coefficient doit permettre d'obtenir un temps de réverbération T compris entre 0,3 et 0,5 s.
- Le plafond est recouvert de dalles de coefficient d'absorption acoustique $\alpha_d = 0,05$.
- Le plancher a un coefficient d'absorption acoustique $\alpha_p = 0,08$.
- Il y a 25 sièges occupés ou non dont l'aire d'absorption équivalente est $A_{\text{siège}} = 0,50 \text{ m}^2$.



Projet d'auditorium pour le conservatoire de Besançon.
(Kengo Kuma & Associates.)

La formule de Sabine permet de calculer le temps de réverbération d'une salle de volume V (m^3) et d'aire d'absorption équivalente A (m^2) : $T = 0,16 \frac{V}{A}$.

L'aire d'absorption équivalente est le produit de l'aire de la surface par son coefficient d'absorption acoustique. Les aires d'absorption équivalentes s'ajoutent pour donner celle d'une salle complète.

- 1) Établir l'expression de l'aire équivalente d'absorption A pour l'auditorium.
- 2) Déterminez, à l'aide du cahier des charges, un encadrement de cette aire équivalente A .
- 3) En utilisant la liste de matériau ci-dessous, choisir celui qui permettrait de respecter le cahier des charges.

Matériau n°	Coefficient α_m
n° 1	0,27
n° 2	0,54
n° 3	0,79
n° 4	0,75

Exercice n°2 : Mur antibruit



Afin de diminuer des nuisances sonores liées au passage d'un train à grande vitesse, une entreprise est chargée de poser des murs antibruits le long de la voie ferrée.

1. Le train est une source sonore de forte puissance qui émet dans toutes les directions. Les mesures de niveaux d'intensité sonore L , à 25 m du train, exprimées en dB pour différentes fréquences sonores, sont présentées dans le tableau suivant.

f (Hz)	125	250	500	1 000	2 000	4 000
L (dB)	83,0	82,4	80,2	81,8	81	77,5

- a. Que signifie la notation dB ?
- b. Pourquoi mesure-t-on le niveau d'intensité à différentes fréquences ?

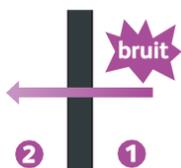
2. On s'intéresse maintenant au niveau d'intensité sonore pour un son de fréquence $f = 1\ 000 \text{ Hz}$. Le cahier des charges acoustique impose un niveau sonore inférieur à 60 dB derrière le mur antibruit. On suppose que l'intensité sonore de l'autre côté du mur n'est due qu'à la transmission à travers celui-ci. Le mur est constitué d'une plaque d'acier perforée sur laquelle est collé un revêtement de laine de verre de 125 mm d'épaisseur e et de masse volumique $\rho = 48 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$. L'acier n'intervient pas dans l'affaiblissement phonique.

- a. Déterminer la masse surfacique $\sigma = \frac{m}{S}$ du revêtement de laine de verre.
- b. À l'aide de la loi de masse, qui permet de calculer la diminution R de niveau d'intensité sonore à travers une paroi, calculer le niveau d'intensité sonore derrière le mur antibruit.
- c. Le mur satisfait-il au cahier des charges ?

Donnée : loi de masse

$$R = L_1 - L_2 = 20 \log(f\sigma) - 45$$

R en dB
 f en Hz
 σ en $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$



Exercice n°3 : Une salle de spectacle à acoustique active

DOC. Extrait du site internet du Conseil général de Vendée

LE PROCÉDÉ NOVATEUR D'ACOUTIQUE ACTIVE : UNE PREMIÈRE EN VENDÉE

C'est une première en France !

Le Vendéspace bénéficiera d'un procédé novateur : 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 électriquement depuis la régie.



Extérieur du bâtiment. (Perspective du projet de Paul Chemetov.)

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 pour écouter, cette fois, 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 de ses spectacles », s'enthousiasme Dominique Souchet, président de la commission culturelle et sportive.



Match de basket-ball le vendredi,
concert le samedi soir !
(Perspectives du projet
de Paul Chemetov.)



- 1) Quel est l'intérêt de l'acoustique active ?
- 2) Pourquoi parle-t-on d'acoustique active ?
- 3) Quel autre type de solution peut-on mettre en œuvre dans le même objectif ?
- 4) Expliquer les différences de sonorisation nécessaires pour sonoriser les deux événements présentés dans le document.

CORRECTION DES EXERCICES

Exercice n°1 : Le conservatoire de musique

6. a. Aire équivalente d'absorption :

$$A = A(\text{murs}) + A(\text{sol}) + A(\text{plafond}) + A(\text{siège})$$

$$A(\text{murs}) = \alpha_m \times 120 \text{ m}^2 ;$$

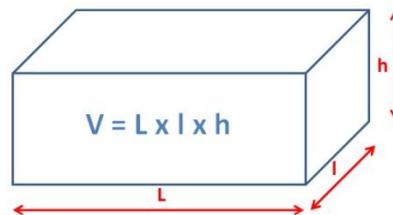
$$A(\text{sol}) = \alpha_p \times 25 \text{ m}^2 ;$$

$$A(\text{plafond}) = \alpha_d \times 25 \text{ m}^2 ;$$

$$A(\text{siège}) = 0,50 \text{ m}^2.$$

$$A(\text{salle}) = \alpha_m \times 120 + \alpha_p \times 25 + \alpha_d \times 25 + 0,50 = \alpha_m \times 120 + 3,75 \text{ m}^2.$$

b. Un encadrement : $36,15 \text{ m}^2 < A(\text{salle}) < 98,55 \text{ m}^2$.



Matériau	Coefficient α_m	Aire équivalente (en m^2)	Temps de réverbération (en s)
n°1	0,27	36,15	0,88
n°2	0,54	68,55	0,46
n°3	0,79	98,55	0,32
n°4	0,75	93,75	0,34

c. Il est intéressant de choisir le matériau n°2 car il propose un temps de réverbération de 0,46 s. Les matériaux n°3 et n°4 ont également un bon temps de réverbération, mais le n°2 est un bon compromis entre 0,3 s et 0,5 s. En effet, le cahier des charges impose un T_r entre 0,3 s et 0,5 s. On choisit un T_r de 0,46 s ($> 0,32$ s ou $0,34$ s) car c'est préférable pour l'écoute de la musique. Le son est alors plus étoffé, moins sec. L'image musicale est plus sophistiquée... Plus le T_r est faible plus l'impression sonore est « sèche ».

Exercice n°2 : Mur antibruit

8. 1. a. La notation dB signifie décibel, unité du niveau sonore.

b. Le niveau d'intensité sonore est perçu différemment par l'oreille humaine selon la fréquence.

2. a. Masse surfacique :

$$\sigma = \frac{m}{S} \text{ avec } m = \rho \times S \times e \text{ soit } \sigma = \rho \times e$$

$$\text{A.N. : } \sigma = 48 \times 125 \times 10^{-3} = 6 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}.$$

b. Diminution R du niveau d'intensité sonore derrière le mur :

$$R = 20 \times \log(1000 \times 6) - 45 = 30 \text{ dB}$$

c. Le mur satisfait au cahier de charge puisque le niveau sonore derrière le mur à une intensité de $81,8 - 30 = 51,8 \text{ dB} < 60 \text{ dB}$.

Exercice n°3 : Une salle de spectacle à acoustique active

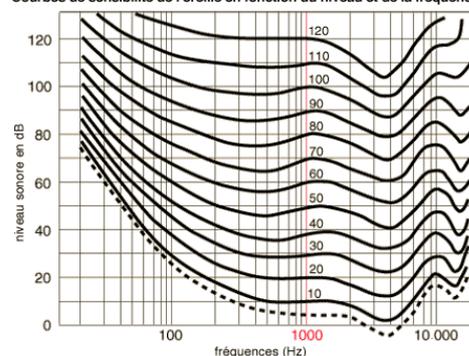
12. a. Procédé permettant de régler l'acoustique d'une salle en fonction du spectacle proposé.

b. L'acoustique est active car elle utilise l'électronique et l'ingénierie acoustique pour optimiser l'acoustique de la salle. Elle est active car elle rend la configuration acoustique modulable par une action rapide.

c. On utilise habituellement l'acoustique passive...

d. La différence principale est dans la réverbération de la salle. Dans le cas d'un match de basket, la réverbération doit être faible. Tous les bruits et sons doivent être distincts et précis. Dans le cas d'un spectacle musical, les sons doivent « emplir » l'espace et la réverbération doit être un peu augmentée pour donner la sensation agréable d'une immersion dans l'univers musical du compositeur et des musiciens.

Courbes de sensibilité de l'oreille en fonction du niveau et de la fréquence



Sources de l'activité

Activités n°2 p108 (HACHETTE TS Ens. Spécialité, Collection Dulaurans Durupthy)

Activités n°3 p110-111 (HACHETTE TS Ens. Spécialité, Collection Dulaurans Durupthy)

Activités n°1 p102 (NATHAN T^{erm} S Spécialité, Collection SIRIUS)

Site internet :

- [Wikipedia.org \(Loi de masse\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/Loi_de_masse) ;
- Acophile.fr.

Sources des exercices

Exercice n°1 : ex n°6 p108 (NATHAN T^{erm} S Spécialité, Collection SIRIUS)

Exercice n°2 : ex n°8 p109 (NATHAN T^{erm} S Spécialité, Collection SIRIUS)

Exercice n°3 : ex n°12 p111 (NATHAN T^{erm} S Spécialité, Collection SIRIUS)