

Microphone et haut-parleur

Mots-clés : microphone, enceintes acoustiques, casque audio

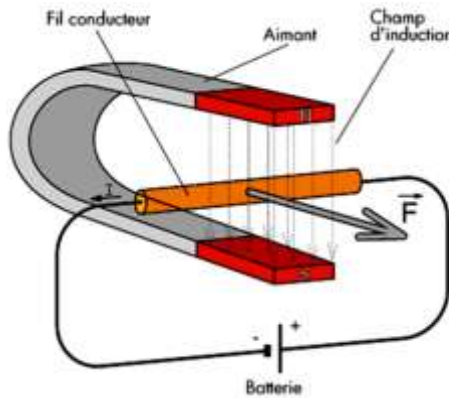
I – Microphone et haut-parleur

Document 1 La force de Laplace

Un fil conducteur traversé par un courant électrique et placé dans l'entrefer d'un aimant est soumis à une force électromagnétique ou force de Laplace.

De la même façon, un aimant déplacé devant un enroulement de fil

conducteur ou bobine provoque l'apparition d'une tension électrique aux bornes de cette bobine. On parle de tension induite, car créée par le phénomène d'induction électromagnétique.



• Le microphone : un convertisseur ondes sonores → signaux électrique

Document 2 Principe du microphone électrodynamique

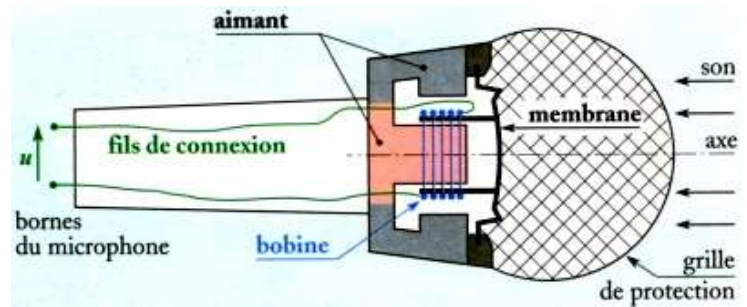
Un microphone électrodynamique comporte deux éléments essentiels : une bobine (enroulement d'un fil conducteur) mobile placée dans le champ magnétique créé par l'aimant fixe.

Une membrane souple, solidaire de la bobine, capte les vibrations de l'air engendrées par une onde sonore extérieure. Les déplacements de la bobine, provoqués par ceux de la membrane, dans le champ magnétique de l'aimant créent une tension électrique aux bornes de la bobine.

C'est le phénomène d'induction électromagnétique.

La fréquence de la tension électrique est égale à celle des vibrations de l'air, donc à celle du son correspondant à ces vibrations.

L'amplitude de cette tension est d'autant plus grande que le niveau d'intensité sonore est grand.

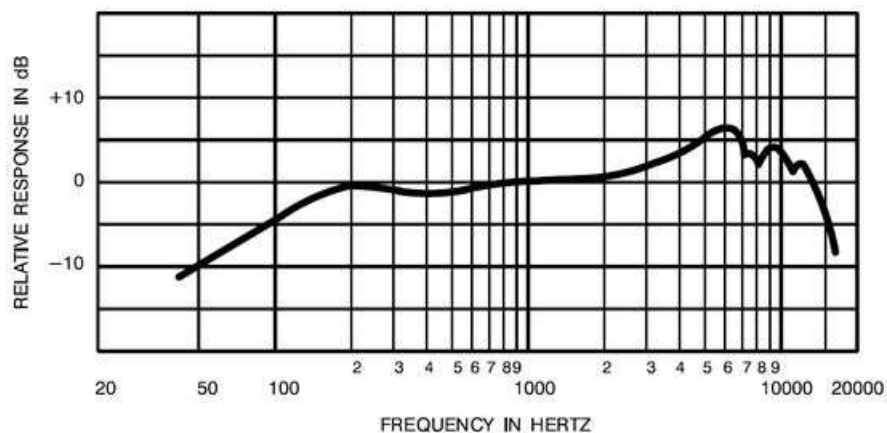


Document 3 Les caractéristiques d'un microphone

Elles sont indiquées sur la fiche technique du constructeur.

• La **bande passante** représente le domaine de fréquences qu'il capte convenablement. Elle se déduit de la courbe de réponse du microphone. Cette courbe est la représentation graphique du niveau de sortie, exprimé en dB, en fonction de la fréquence du son qu'il capte.

Par convention, on affecte le niveau 0 dB à la valeur obtenue pour 1 000 Hz.



• La **sensibilité** correspond à son aptitude à fournir une tension élevée pour des sons de faible niveau d'intensité sonore.

Un microphone de grande sensibilité captera bien les sons peu intenses, mais sera sensible aux parasites sonores.

• La **directivité** représente son aptitude à réagir suivant la direction de propagation du son :

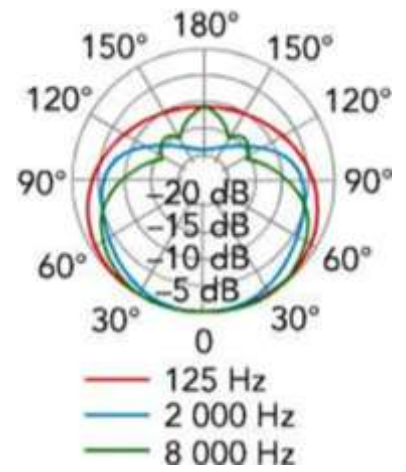
- un micro omnidirectionnel capte les sons provenant de toutes les directions ;
- un microphone directif capte les sons provenant d'une seule direction.

L'axe du microphone définit l'angle $\theta = 0^\circ$.

Les différentes positions d'une source sonore par rapport à l'axe sont repérées par un angle θ . Le niveau de réponse permet de comparer la réponse du microphone en position θ et celle quand $\theta = 0^\circ$. Exprimé en dB, une valeur négative traduit un microphone qui capte moins bien les sons que dans la direction de référence (0°).

Exemple de réponse pour trois fréquences ci-contre.

Par exemple, le micro ci-contre n'est pas omnidirectionnel pour des sons de fréquences 125, 2000 ou 8000 Hz. Cependant, il capte mieux les sons arrière (de 150° à 180°) de fréquence 125 Hz que ceux de 2000 Hz



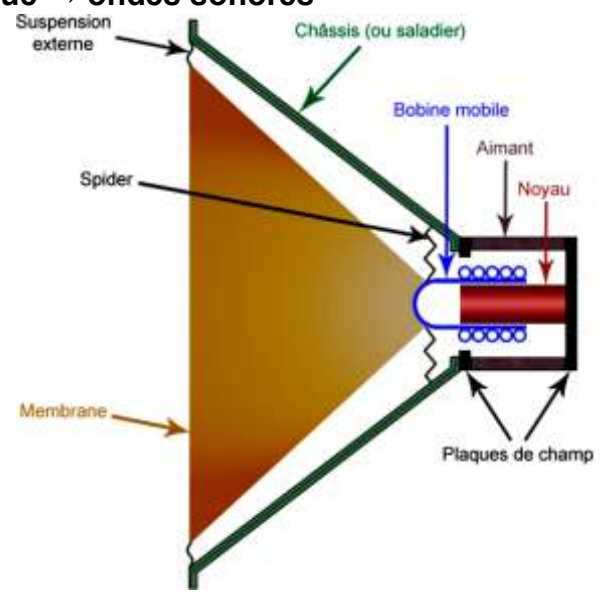
● **Le haut-parleur : un convertisseur signaux électrique → ondes sonores**

Document 4 Principe du haut-parleur électrodynamique

Le haut-parleur le plus largement utilisé (à 99 %) est le haut-parleur électrodynamique dont la fonction dans une enceinte est d'agir comme un double transformateur d'énergie.

En effet, il reçoit le signal audio, une énergie électrique, qui met en mouvement la bobine donc première transformation en une énergie mécanique. Puis le haut-parleur transforme cette énergie mécanique en énergie acoustique, grâce à sa membrane. Effectivement, celle-ci est reliée à la bobine mobile et reproduit donc les mêmes mouvements que cette dernière.

C'est en se déplaçant sous l'action de la bobine mobile que la membrane crée une perturbation des couches d'air (pression acoustique), le son.



Document 5 Caractéristiques techniques d'un haut-parleur

Elles sont indiquées sur la fiche technique du constructeur.

● La **bande passante** d'un haut-parleur correspond au domaine de fréquences des sons qu'il est capable de restituer.

Elle se déduit de la courbe de réponse du haut-parleur représentant graphiquement l'intensité sonore (dB) en fonction de la fréquence (Hz) de la tension d'alimentation.

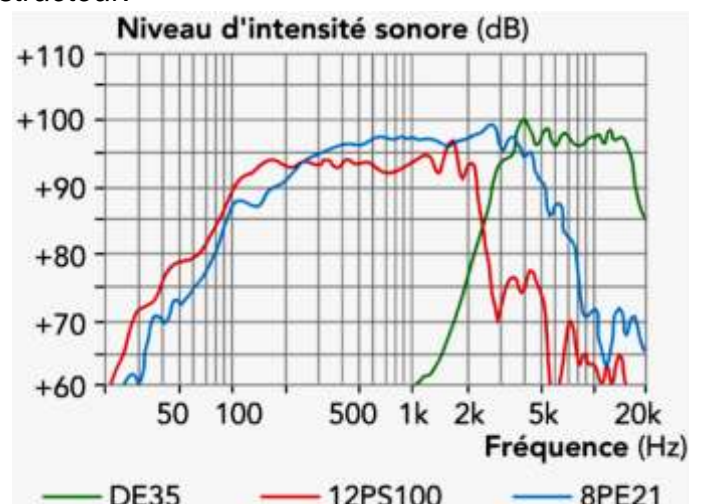
● La **couverture angulaire** correspond à son aptitude à diffuser des sons dans le plan horizontal et dans le plan vertical.

● La **puissance admissible** ou **puissance électrique maximale** qu'il peut supporter sans dégâts. Au-delà de cette valeur, le haut-parleur sera endommagé.

● Le **rendement** qui mesure sa faculté à transformer la puissance électrique reçue en puissance mécanique.

Pour une utilisation optimale d'un haut-parleur, deux indicateurs sont indispensables à connaître : son impédance (Ω) et sa puissance (W)

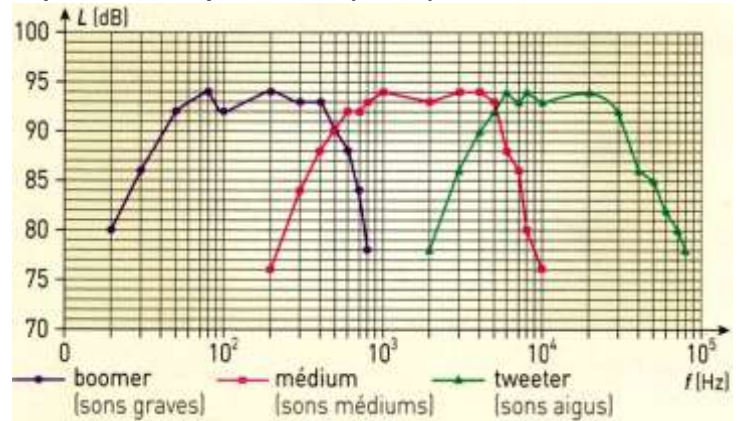
Mesurée par un ohmmètre, la résistance R du circuit électrique du H.P. qui diffère sensiblement de celle indiquée sur le H.P. (4Ω ou 8Ω) correspond à l'impédance Z du haut-parleur. Pour que



celui-ci fonctionne dans les conditions optimales, il faut l'alimenter avec un générateur d'impédance voisine de la sienne : on parle alors d'adaptation d'impédance.

Document 6 Les différents haut-parleurs

Les enceintes contiennent plusieurs haut-parleurs, chacun spécialisé dans la restitution de gammes de fréquences successives. Un **boomer (ou woofer)** restitue principalement les sons graves (40 à 500 / 800 Hz). Un **médium** restitue les sons de fréquences moyennes (500 / 800 Hz à 5000 / 8000 Hz) et un **tweeter**, les sons aigus (1000 / 1300 à 20 000 Hz).



Document 7 La restitution des sons

L'enceinte acoustique ou le casque audio constituent le dernier maillon d'une chaîne haute-fidélité (Hi-Fi) et maintient les haut-parleurs et leur permet de transmettre efficacement à l'air les vibrations de leurs membranes.

Quand un haut-parleur est utilisé seul, sa membrane fait à la fois vibrer l'air devant elle mais aussi l'air derrière elle. En effet, lorsqu'elle avance, la pression augmente devant elle et diminue derrière. Inversement, la pression diminue devant et augmente derrière lorsqu'elle recule.

Cela crée deux ondes sonores, une émise vers l'avant et une autre émise vers l'arrière.

Du fait de leur mode de production, ces deux ondes sont en opposition de phase. Si elles se rencontrent et se superposent, elles peuvent s'annuler, surtout dans le cas des basses fréquences. Pour éviter ce phénomène, il faut supprimer les ondes arrière en fixant le haut-parleur sur un « support infini » constitué d'une plaque de grande dimension. Un tel support permet de séparer les ondes avant et arrière et empêche leur superposition.

Une autre solution consiste à renvoyer les ondes arrière vers l'avant tout en les déphasant de 180°. C'est le système bass-reflex. Il empêche l'annulation qui pourrait se produire lorsque ces ondes arrière, renvoyées vers l'avant, se superposent aux ondes avant.

La présence d'un évent élimine les phénomènes d'interférences entre les ondes.

Document 8 La qualité des enceintes

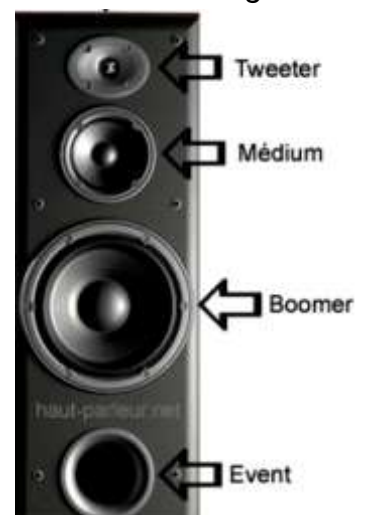
Pour vérifier la qualité des enceintes acoustiques, c'est-à-dire la restitution d'un signal électronique restitué de façon acoustique avec un minimum de dégradation, une batterie de tests est réalisée en « chambre sourde », afin d'absorber les réflexions sonores. Voici quelques tests :

- Vibration du coffret à certaines fréquences et puissances ; ce phénomène devient dérangeant.
- Pureté des graves avec la mesure des déformations générées par des harmoniques sur trois fréquences fondamentales du grave, 40, 50 et 60 Hz. Facilement audibles, elles deviennent vite très désagréables et perturbantes pour l'écoute.
- Rendement pour un niveau sonore mesuré par un micro situé à 1 mètre qu'une enceinte est capable de restituer lorsqu'on lui envoie une puissance de 1 watt.

C'est un paramètre essentiel pour optimiser le couplage amplificateurs au niveau de la puissance : pas d'enceinte de rendement très faible sur un ampli de faible puissance !

- Directivité avec la mesure de la dégradation de la courbe de réponse sur le plan horizontal à 30° et 45° de l'axe du "tweeter".

Avec des enceintes à faible déperdition latérale, la zone d'écoute stéréo et Home Cinéma sera plus vaste et plus confortable.



II – Analyse et synthèse de documents

1) Grâce à l'animation suivante :

http://physiquecollege.free.fr/physique_chimie_college_lycee/lycee/premiere_1S/force_de_laplace_rail_regle_trois_doigts_main_droite.htm, observer l'effet de la force de Laplace sur un conducteur métallique mobile placé dans l'entrefer d'un aimant. Il est possible d'inverser :

- le sens du courant dans le conducteur mobile ;
- le sens de l'aimant.

Rédiger un compte-rendu permettant d'établir le lien entre le sens du courant, du champ magnétique \vec{B} (orienté du nord vers le sud) et le sens de déplacement du conducteur mobile et le document 1.

2) En utilisant les conclusions précédentes, expliquer par quel moyen technique :

- le microphone convertit un signal acoustique en signal mécanique, puis électrique ;
- le haut-parleur convertit un signal électrique en signal mécanique, puis acoustique.

3) En quoi peut-on dire qu'un microphone ou un haut-parleur est un transducteur électroacoustique ?

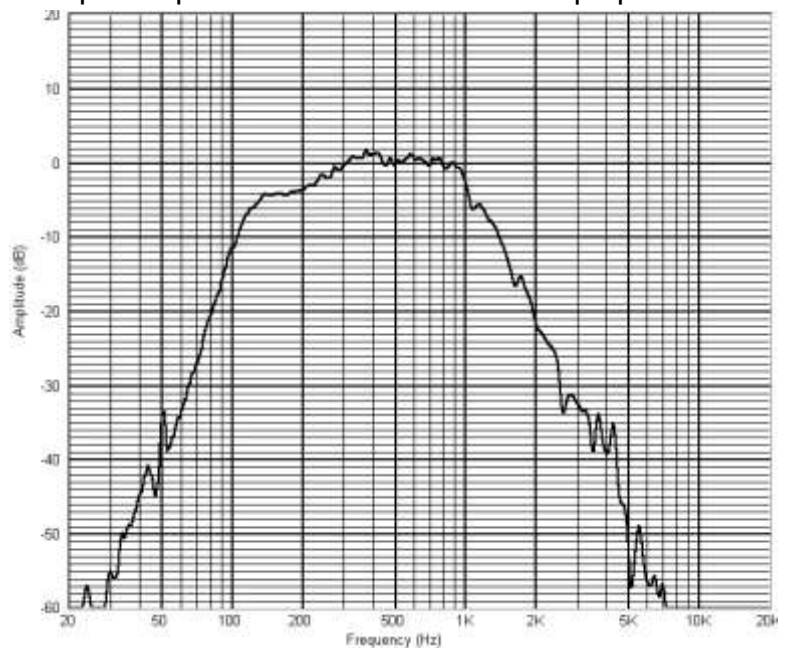
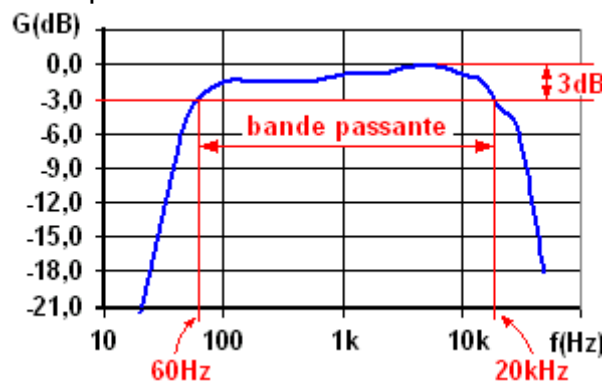
4) Quels les paramètres varient entre les différents haut-parleurs et quelles sont leurs conséquences sur la restitution des sons ?

5) Proposer un montage pour établir la bande passante d'un haut-parleur, c'est-à-dire $I = f(f)$, avec I : intensité sonore en dB et f , fréquence en Hz.

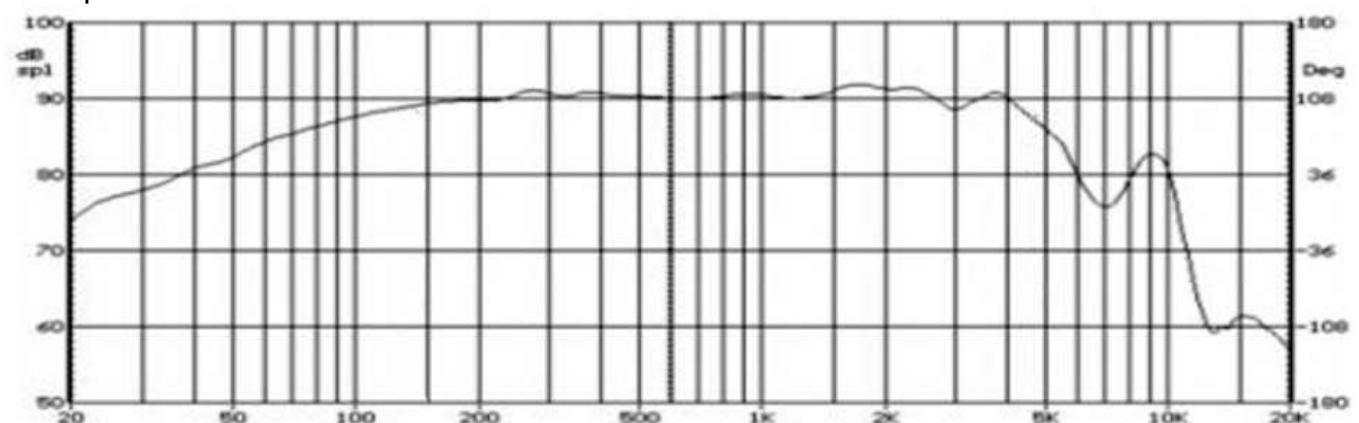
6) Comparer les deux bandes passantes établies sur deux haut-parleurs différents. Sont-ils boomer, médium ou tweeter ? Que peut-on dire que la qualité de chacun d'eux ? Expliquer.

Haut-parleur 1

Exemple :



Haut parleur 2



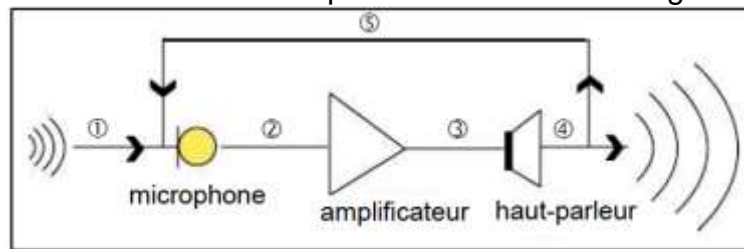
6. Pourquoi enferme-t-on la plupart du temps les HP dans des « enceintes acoustiques » ?

III – Résolution de problème : comment éliminer l'effet Larsen ?

Phénomène fréquent dans les sonorisations de spectacles ou de conférences, l'effet Larsen se manifeste également avec les combinés téléphoniques munis d'un haut-parleur et les prothèses auditives ; cet effet produit un sifflement aigu très douloureux. Des guitaristes cherchent au contraire à exploiter le phénomène en s'approchant et en s'éloignant des enceintes pour produire des sons stridents qu'ils cherchent à moduler.

En s'appuyant sur les documents rassemblés à la fin de l'exercice, répondre aux questions suivantes :

1. Compléter la légende du document ci-dessous en précisant la nature du signal.



Légende :

① : onde sonore

② : signal électrique

③ :

④ :

⑤ :

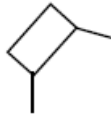
2. Calculer la variation du niveau d'intensité sonore lorsque la distance à une source sonore isotrope double. Cette valeur est-elle compatible avec celle déduite du document 3 ?

3. Une conférence se déroule dans une salle de dimensions 13 m x 5 m x 2,5 m. Un orateur s'exprime avec une puissance sonore P égale à 12 μW devant un microphone placé à 1 m. Un haut-parleur (HP) est placé à une distance D du microphone. Un sonomètre détecte à 1 m du haut-parleur un niveau d'intensité sonore $L = 85$ dB. La contribution de la voix au niveau d'intensité sonore mesuré par le sonomètre est négligeable devant celle du haut-parleur.


L'éloignement du haut-parleur du microphone permettra-t-il à lui seul d'éviter l'effet Larsen ? La réponse sera justifiée par des calculs appropriés.

À l'aide des documents et de vos connaissances, proposer deux autres pistes pour limiter l'apparition de cet effet.


HP



Orateur



microphone



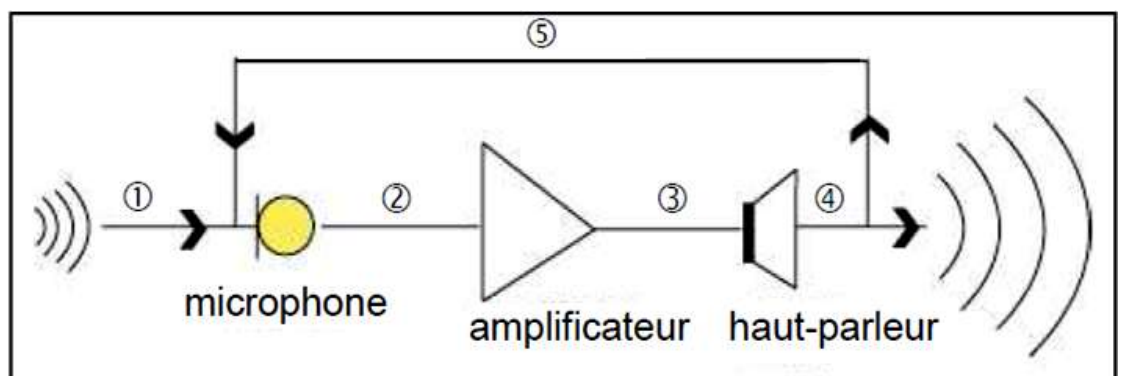
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Remarque : La démarche suivie et la qualité de la rédaction sont évalués. Tout élément de raisonnement même partiel sera pris en compte.

Document 1 Effet Larsen.

L'effet Larsen doit son nom au physicien danois du XIX^{ème} siècle Sören Larsen qui a été le premier à en expliquer l'origine.



Le son produit lors d'un concert est capté par le microphone, amplifié et transmis au haut-parleur. Le microphone, dans certaines conditions, capte aussi, en retour, une partie du son émis par le haut-parleur. Ce signal est alors à nouveau transmis au haut-parleur après une amplification qui peut être réglée. L'amplitude du son est alors augmentée et ainsi de suite. Ce retour partiel du son du haut-parleur vers le microphone produit un signal qui augmente progressivement en intensité et en fréquence.

On considère que l'effet Larsen apparaît dès que le niveau d'intensité sonore du son émis par le haut-parleur et capté par le microphone est supérieur à celui du son venant de la source sonore.

Document 2 Intensité sonore et niveau d'intensité sonore

- L'intensité sonore I en un point M d'une onde acoustique émise par une source isotrope S supposée ponctuelle qui émet une onde puissance P, de manière identique dans toutes les directions, est donnée par :

$$I = \frac{P}{4\pi d^2} \text{ où } d \text{ est la distance SM.}$$

P s'exprime en watt (W)

- On rappelle que le niveau d'intensité sonore L , exprimé en dB, est lié à l'intensité sonore I par la relation : $L = 10 \log \frac{I}{I_0}$ où $I_0 = 1,0 \times 10^{-12} \text{ W.m}^{-2}$

Document 3 Évolution du niveau d'intensité sonore en fonction de la distance.

		Distance (m)								
		1	2	3	5	10	15	20	30	50
Niveau d'intensité sonore (dB)	92	92	86	82	78	72	68	66	62	58
	90	90	84	80	76	70	66	64	60	56
	85	85	79	75	71	65	61	59	55	51
	80	80	74	70	66	60	56	54	50	46
	75	75	69	65	61	55	51	49	45	41
	70	70	64	60	56	50	46	44	40	36

Document 4 Diagrammes directionnels de deux microphones

Un diagramme directionnel d'un microphone représente sa sensibilité selon la direction d'origine de l'onde sonore, à une fréquence donnée.

