

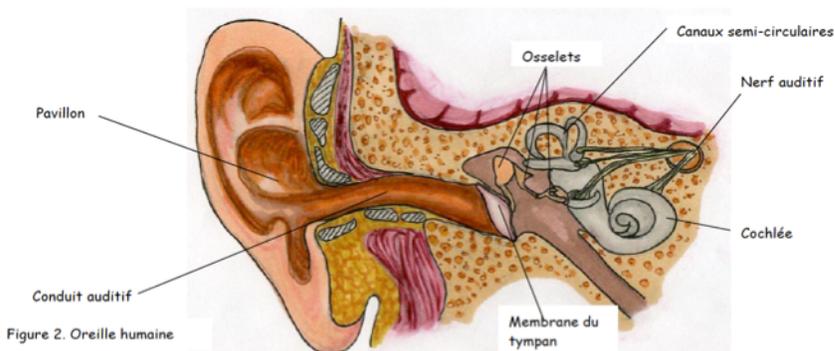
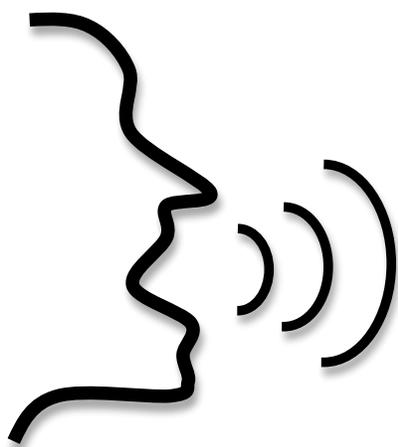


**centre de
développement
pédagogique**
*pour la formation générale
en science et technologie*

Document de travail

SÉQUENCE D'ENSEIGNEMENT « SONS ET OÛÏE »

Guide du personnel
enseignant et technique



Novembre 2014

Table des matières

Introduction de la séquence d'enseignement	3
Canevas de la séquence d'enseignement.....	3
Planification suggérée de la séquence d'enseignement	5
Documents relatifs à la séquence d'enseignement	6
Propagation d'un son (modèle à billes)	7
Son et vibration (modèle du tympan au laser).....	7
Démarche d'investigation scientifique « Coupes musicales »	8
Coup d'œil	8
Introduction à la démarche	8
Intentions pédagogiques.....	8
Notes pour l'animation	8
Synthèse en grand groupe	10
Démonstration intéressante sur la résonance de deux coupes	10
Résonance et audition (modèle de la membrane basilaire)	11

Remarques :

- Révision linguistique : février 2015
- Le masculin a été retenu dans le but d'alléger le texte des documents.

Introduction de la séquence d'enseignement

Cette séquence d'enseignement a été élaborée afin de faciliter la compréhension des phénomènes en cause lors de la perception de sons par l'oreille humaine. Les modèles qui sont présentés dans ce guide permettent aux enseignants de la troisième secondaire (ST ou ATS) de rendre plus concret le fonctionnement de l'oreille interne et plus spécifiquement celui de la cochlée. Cette séquence permet aussi de démontrer le rôle essentiel de la membrane basilaire dans l'aiguillage des sons de différentes fréquences aux cellules ciliées correspondantes. La séquence s'étale sur environ deux périodes. Elle fait appel à la démarche d'investigation scientifique.

La séquence se divise en quatre parties. Pour débiter, on présente à l'élève un modèle simulant la propagation d'un son à l'aide de billes à jouer. Par la suite, on lui présente un second modèle illustrant la vibration d'une membrane semblable à un tympan. Puis, l'élève se met en action et découvre la formation de sons par des coupes à vin à travers une démarche d'investigation scientifique. Finalement, l'élève explore le phénomène de la résonance à l'aide du modèle de la membrane basilaire.

Canevas de la séquence d'enseignement

2^e cycle du secondaire (3^e secondaire) ST ou ATS

Temps requis en classe : 2 périodes de 75 minutes

Intentions pédagogiques

- Comprendre le fonctionnement de l'oreille humaine
- Faciliter la compréhension des phénomènes en cause lors de la perception des sons par l'oreille interne (cochlée, membrane basilaire et cellules ciliées)
- Permettre à l'élève de faire l'acquisition de connaissances à l'aide de la démarche d'investigation scientifique

Contexte proposé

L'élève découvre expérimentalement le concept de fréquence d'une onde sonore à l'aide de coupes à vin. De plus, la présentation de trois modèles permet d'illustrer les phénomènes suivants :

- La propagation d'une onde sonore
- Le fonctionnement d'un tympan
- Le fonctionnement de l'oreille interne (cochlée, membrane basilaire, cellules ciliées)

Domaine général de formation

Santé et bien-être

Axe de développement : connaissance des conséquences de ses choix personnels sur la santé et le bien-être

L'élève prend conscience de la complexité et de la fragilité de l'oreille interne. Ceci l'amène à réfléchir sur le niveau sonore à ne pas dépasser (ex. : écoute de musique à l'aide d'écouteurs).

<http://www.edp-audio.fr/actualites/recherche/4263-la-demyelinisation-du-nerf-auditif-en-cause-dans-la-perte-d-audition>

Compétence disciplinaire ciblée :

- Chercher des réponses ou des solutions à des problèmes d'ordre scientifique ou technologique (Démarche d'investigation scientifique)
- Communiquer à l'aide des langages utilisés en science et en technologie

Énoncés de la progression des apprentissages

Univers matériel (D. Fluides)

- ∪ a Pression

Univers matériel (E. Ondes)

- * a.i Définir la fréquence d'une onde comme étant le nombre d'oscillations par seconde (Hz)
- * a.ii Associer la fréquence d'une onde sonore à la hauteur du son produit (ex. : une onde de basse fréquence produit un son grave)
- * b.i Définir la longueur d'onde comme étant la distance entre deux points identiques d'une onde à un instant donné (ex. : distance entre deux crêtes)
- * c.i Définir l'amplitude d'une onde sonore comme étant la puissance du son

Univers vivant : pour ST (D. Systèmes) pour ATS (C. Systèmes) → Fonction de relation

- ∪ b.i - Expliquer le rôle du système nerveux périphérique (transport de l'influx nerveux des sens vers l'encéphale et de l'encéphale vers les muscles)
- ∪ c.ii - Identifier les principales parties de l'oreille impliquées dans l'audition (conduit auditif, tympan, osselets, cochlée, canaux semi-circulaires)
- Décrire la fonction des principales parties de l'oreille impliquées dans l'audition

Univers technologique (B. Ingénierie mécanique)

- ∪ 1.b.i Expliquer les effets d'une force dans un objet technique (modification du mouvement d'un objet) (ex. : *modèle du tympan, modèle de la membrane basilaire*)
- ∪ 3.k.i Repérer des mécanismes de transformation du mouvement dans des objets techniques (ex. : *modèle de la membrane basilaire*)
- + 3.l Fonction, composants et utilisation de systèmes de transformation du mouvement (ex. : *modèle de la membrane basilaire*)

Techniques (B. Science)

- * d.vi Utiliser de façon adéquate un instrument de mesure (ex. : *fréquencemètre*)

Légende : * : Élément travaillé dans la SAÉ

∪ : Élément vu précédemment

+ : Si désiré

Évaluation des apprentissages

Les critères d'évaluation ainsi que les éléments favorisant la compréhension des critères sont intégrés au cahier de notes de l'élève pour la démarche d'investigation scientifique. Vous les trouverez dans des encadrés aux pages concernées.

Planification suggérée de la séquence d'enseignement

Cours (75 min.)	Description de chaque cours	Documents
Préalables	<ul style="list-style-type: none"> • Pression (en lien avec l'onde sonore puisqu'elle est une onde de compression) • Parties de l'oreille impliquées dans l'audition • Système nerveux périphérique (nerf auditif) 	
Cours 1	<p>Modèle sur la propagation d'un son (onde sonore)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Permet d'illustrer la propagation du son à l'aide de billes à jouer. Divers phénomènes y sont abordés : <ol style="list-style-type: none"> 1. La propagation d'une onde sonore entre deux points 2. L'amortissement d'une onde sonore 3. L'énergie transportée par une onde sonore 4. La réflexion d'une onde sonore (la formation d'un écho) 5. La vitesse d'une onde sonore 	<ul style="list-style-type: none"> • À lire : Capsule théorique sur la propagation du son • Vidéo présentant le modèle à billes sur la propagation du son
	<p>Modèle illustrant la vibration du tympan à l'aide d'un laser</p> <ul style="list-style-type: none"> • Permet de visualiser la vibration d'une membrane semblable au tympan lorsqu'elle est frappée par des ondes sonores. La réflexion d'un faisceau laser sur un miroir fixé à la membrane permet d'amplifier le phénomène. 	<ul style="list-style-type: none"> • Document facilitant la réalisation du modèle du tympan
	<p>Démarche d'investigation scientifique</p> <ul style="list-style-type: none"> • Découverte de la façon d'ajuster la fréquence de résonance d'une coupe à vin. (Permet d'associer la fréquence d'une onde sonore à la hauteur du son produit.) • Utilisation possible de l'affiche sur la démarche d'investigation scientifique afin d'accompagner l'élève lors de son expérimentation 	<ul style="list-style-type: none"> • Vidéo d'introduction (suggestion: vidéo de Michel Lauzière, sur le site du CDP) • Cahier de notes de l'élève lors de l'investigation scientifique « Les coupes musicales »
Cours 2	<p>Synthèse en grand groupe</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fréquence vs nombre d'oscillations par seconde • Fréquence vs hauteur d'un son • Longueur d'onde et amplitude • Résonance entre deux coupes ajustées à la même note 	<ul style="list-style-type: none"> • À partir du matériel propre à chaque milieu
	<p>Modèle de la membrane basilaire de la cochlée</p> <ul style="list-style-type: none"> • Permet de rendre plus concret le mécanisme de détection des sons de différentes tonalités par l'oreille interne. 	<ul style="list-style-type: none"> • À lire : Capsule théorique sur la membrane basilaire • Vidéo du modèle de la membrane basilaire en action • Document facilitant la fabrication du modèle de la membrane basilaire

Documents relatifs à la séquence d'enseignement

Voici les documents liés à cette séquence d'enseignement :

Le présent guide sur la séquence d'enseignement « Sons et ouïe »

- Disponible en format PDF sur le site Web du CDP
- Disponible en format DOC sur demande



Investigation scientifique « Les coupes musicales »

- Disponible en format PDF sur le site Web du CDP
- Disponible en format DOC sur demande



Capsule théorique sur la propagation d'un son

- Disponible en format PDF sur le site Web du CDP
- Disponible en format DOC sur demande



Vidéo sur la propagation d'un son (modèle à billes)

Produit par le CDP, disponible sur YouTube : <https://www.youtube.com/watch?v=Pf6GBR6Kik8>



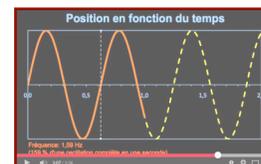
Capsule théorique sur le modèle de la membrane basilaire de la cochlée

- Disponible en format PDF sur le site Web du CDP
- Disponible en format DOC sur demande



Vidéo sur le modèle de la membrane basilaire de la cochlée

Produit par le CDP, disponible sur YouTube : <https://www.youtube.com/watch?v=7Jijp5GKLL4>



Étapes de réalisation du modèle de la membrane basilaire de la cochlée

- Disponible en format PDF sur le site Web du CDP
- Disponible en format DOC sur demande



Vidéo sur le modèle du tympan au laser

Produit par le CDP, disponible sur YouTube : <https://www.youtube.com/watch?v=s6yW7Vz9aYk>



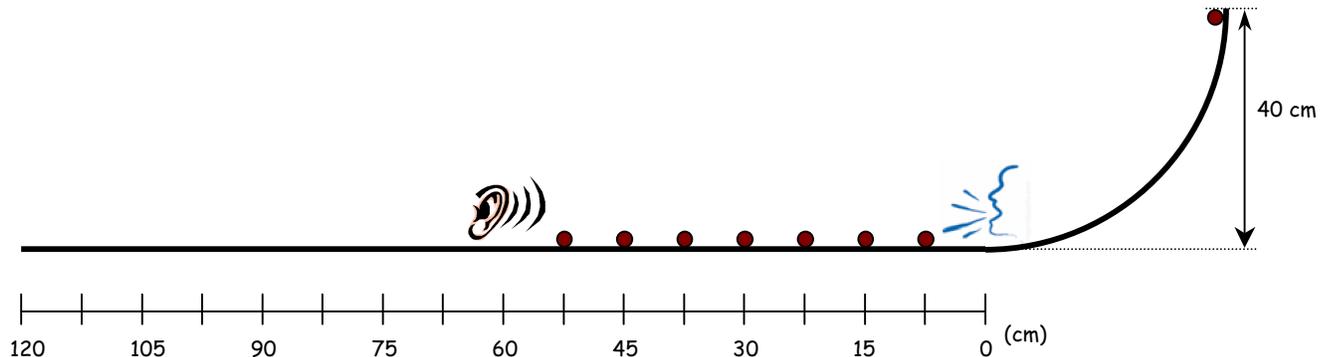
Réalisation du modèle du tympan

- Disponible en format PDF sur le site Web du CDP
- Disponible en format DOC sur demande



Propagation d'un son (modèle à billes)

Ce modèle permet d'illustrer divers phénomènes touchant la propagation du son à l'aide de billes à jouer. Une vidéo présentant cinq démonstrations est disponible sur YouTube.



Voici les cinq thèmes abordés :

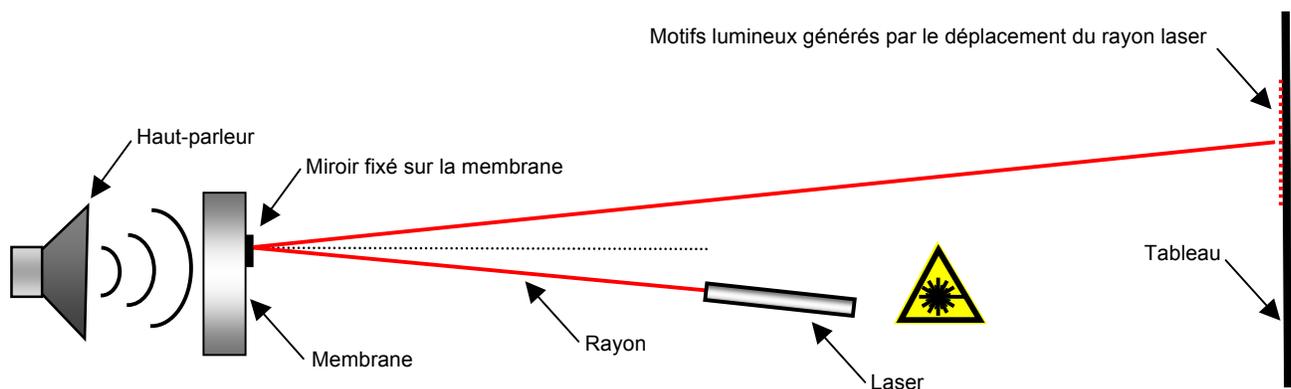
1. La propagation d'une onde sonore entre deux points
2. L'amortissement d'une onde sonore
3. L'énergie transportée par une onde sonore
4. La réflexion d'une onde sonore (la formation d'un écho)
5. La vitesse d'une onde sonore

Pour plus d'informations sur ce modèle, consultez les deux documents suivants :

- Capsule théorique sur la propagation d'un son
- Vidéo accompagnant la capsule théorique sur la propagation d'un son (modèle à billes) (<https://www.youtube.com/watch?v=Pf6GBr6Kik8>)

Son et vibration (modèle du tympan au laser)

Ce modèle permet de visualiser la vibration d'une membrane semblable au tympan lorsqu'elle est frappée par des ondes sonores. La réflexion d'un faisceau laser sur un miroir fixé à la membrane permet d'amplifier le phénomène.



Document utile

Document facilitant la réalisation du modèle du tympan

Lien intéressant

Vidéo du CDP sur YouTube : Modèle du tympan au laser

<https://www.youtube.com/watch?v=s6yW7Vz9aYk>

Démarche d'investigation scientifique « Coupes musicales »

Coup d'œil

Cette activité a été conçue afin d'illustrer un processus de résolution de problème faisant appel à une démarche d'investigation scientifique¹. La tâche proposée permet aux enseignants d'explorer les stratégies d'enseignement à mettre en place auprès d'élèves du 2^e cycle du secondaire.

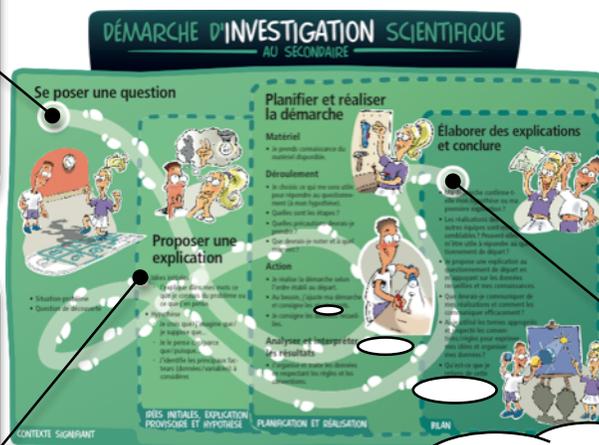
Tâche complexe proposée aux élèves



Ajuster la fréquence du son généré par une coupe afin qu'elle corresponde à une note de la gamme.

Conception erronée ciblée par la séquence d'enseignement

Présumer que les cellules ciliées de la cochlée sont responsables de la discrimination des sons de différentes fréquences.



Principaux apprentissages visés

- Exploiter la démarche d'investigation scientifique.
- Découvrir le lien entre la fréquence d'une onde sonore et la hauteur d'un son produit.
- S'initier au phénomène de résonance qui est à la base de l'audition humaine.

Activité d'apprentissage

Utilisation de l'application « Frequency Analyzer »

Introduction à la démarche

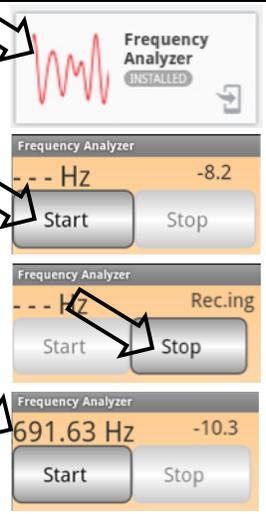
La démarche que nous proposons est avant tout un processus de résolution de problème ou de découverte. C'est pourquoi nous donnons à l'élève un cahier de notes plutôt qu'un cahier reproduisant un rapport de laboratoire complet. Cette façon de faire permet de rapprocher le processus de ce qui se fait quotidiennement dans les laboratoires de recherche. Elle apporte aussi un peu de spontanéité et de passion dans la démarche d'expérimentation.

Intentions pédagogiques

- Permettre à l'élève de découvrir le lien entre la fréquence d'une onde sonore et la hauteur d'un son produit.
- Permettre à l'élève de mieux comprendre le phénomène de résonance qui est à la base de l'audition humaine.

Notes pour l'animation	Documents
<ul style="list-style-type: none"> • Pour que cette expérience soit réussie, la coupe ainsi que le doigt utilisé pour la faire chanter doivent être parfaitement propres. Si ce n'est pas le cas, le doigt va simplement glisser sans adhérer au rebord. Il s'agit simplement de générer un « son de propreté ». Une sorte de 	<ul style="list-style-type: none"> • Cahier de notes « Les coupes musicales » Investigation

¹ L'affiche de cette démarche est disponible sur le site du CDP à l'adresse suivante : <http://www2.cslaval.qc.ca/cdp/pages/secontaire-outils-ressources.html> - Processus

<p>grincement semblable au crissement d'un pneu sur la chaussée.</p> <ul style="list-style-type: none"> • La coupe choisie n'a pas besoin d'être d'excellente qualité, celle du magasin à un dollar peut très bien faire l'affaire. Il ne faut toutefois pas qu'elle ait une paroi très épaisse (moins de 2 mm). • Nous suggérons de former des équipes de quatre élèves. Ceci devrait limiter le nombre d'équipes à huit par classe. De cette façon, les sons générés par les autres équipes ne devraient pas interférer avec la prise de mesure. • Il serait intéressant de donner le même modèle de coupe à plus d'une équipe. De cette façon, une démonstration intéressante pourra être faite à la suite de l'investigation scientifique (voir à la page suivante). 	<p>scientifique sur la résonance, p. 1</p>
<ul style="list-style-type: none"> • L'élève ne devrait pas toucher au matériel avant la formulation de l'hypothèse (autrement, il cherchera « la bonne réponse »). • La formulation de l'hypothèse peut être présentée de façon plus ou moins formelle puisqu'on vise ici un but didactique. • L'enseignant pourrait alimenter la réflexion lors de la formulation de l'hypothèse en évoquant l'utilisation de divers instruments de musique. 	<ul style="list-style-type: none"> • Cahier de notes « Les coupes musicales » Investigation scientifique sur la résonance, p. 2
<ul style="list-style-type: none"> • La mesure de la fréquence du son est effectuée par une application « Android » qui se nomme « Frequency Analyzer ». Dans un premier temps, l'application effectue un échantillonnage des sons présents autour de l'appareil. Puis, elle épure l'échantillon en ne gardant que le son de plus grande amplitude. Finalement, l'application détermine la fréquence de ce son et affiche la fréquence et un graphique de l'amplitude du son en fonction du temps. 	
<p>Cette application est très facile à utiliser. Voici la marche à suivre :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Démarrer l'application en appuyant sur l'icône (le petit graphique pointé par la première flèche). 2. Réduire la pollution sonore ambiante au minimum, si c'est possible. C'est-à-dire, ne pas parler, ne pas faire de bruit avec les objets, etc. 3. Approcher la coupe le plus près possible du micro de l'appareil. 4. Faire chanter la coupe avec un doigt. 5. Démarrer l'échantillonnage en appuyant sur « Start ». 6. Continuer de faire chanter la coupe pendant environ 5 secondes. 7. Arrêter l'échantillonnage en appuyant sur « Stop ». 8. Arrêter de faire chanter la coupe. 9. Attendre l'affichage de la fréquence en hertz (voir la dernière flèche). 	
<ul style="list-style-type: none"> • Advenant le cas où il n'y aurait pas de tablettes ou de téléphones « Android » disponibles, il est possible d'utiliser le programme « BlueStacks » pour simuler l'environnement « Android ». Cette application fonctionne sur un ordinateur PC ou Mac et elle est offerte gratuitement sur le Web. Pour pouvoir y télécharger des applications, il faut jumeler « BlueStacks » à un compte «Google Play Store ». 	

Quoi retenir de cette démarche?

1. Les sons aigus sont générés par une plus grande fréquence que les sons graves.
2. Dans certaines conditions, la coupe résonne à une fréquence donnée.

Évaluation

Les critères d'évaluation ainsi que les éléments favorisant la compréhension des critères sont présentés dans des encadrés. Les éléments en grisé ne peuvent être évalués.

Synthèse en grand groupe

- Fréquence vs nombre d'oscillations par seconde
- Fréquence vs hauteur d'un son (grave et aigu)
- Longueur d'onde dans le temps (l'expression « période » n'est pas au programme)
- Amplitude d'une onde

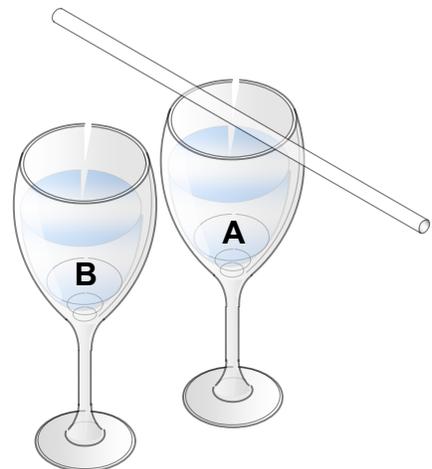
Note : À cette occasion, il serait intéressant de faire la démonstration suivante.

Démonstration intéressante sur la résonance de deux coupes

Cette démonstration pourrait être faite par les élèves eux-mêmes. Pour ce faire, il s'agit d'apparier deux équipes ayant des coupes du même modèle et ajustées à la même note de la gamme. Dans l'éventualité où ces coupes génèrent la même note, elles devraient entrer en interrelation. Autrement dit, une première coupe que l'on fait chanter devrait entrer en résonance avec une seconde et la faire vibrer.

Voici ce qu'il faut faire :

1. Placer les deux coupes (ajustées à la même note) le plus près possible l'une de l'autre sans pour autant qu'il y ait contact.
2. Placer une paille à boire en plastique sur le dessus de la coupe « A » (voir le dessin).
3. Faire chanter la coupe « B » de la même façon que dans l'investigation scientifique précédente.
4. Observer la paille...



Liens intéressants

Une coupe qui entre en résonance et se brise :

<https://www.youtube.com/watch?v=17tqXgvCN0E>

<https://www.youtube.com/watch?v=BE827gwnnk4>

Résonance et audition (modèle de la membrane basilaire)

Ce modèle permet de faire le lien entre le phénomène de résonance et le mécanisme de détection des sons de différentes tonalités par l'oreille interne. Les cellules ciliées de la cochlée transforment les ondes sonores en influx nerveux, mais ne sont pas directement responsables de la discrimination des sons de différentes fréquences. En effet, affirmer que « la différence de longueur des cils permet de distinguer les sons graves des sons aigus » est une conception erronée. C'est plutôt la membrane basilaire, par sa morphologie, qui effectue ce travail d'aiguillage. Le modèle permet de démontrer le phénomène de résonance qui est à la base du mécanisme de perception des sons par l'oreille interne.

Le modèle permet entre autres de répondre aux questions suivantes :

- Comment l'oreille interne peut-elle distinguer les sons graves des sons aigus?
- Pourquoi les cellules ciliées ne vibrent-elles pas toutes en même temps?
- Quel est le rôle des cellules ciliées?
- Quel est le rôle de la membrane basilaire?
- Comment une corde de guitare produit-elle le son voulu?

Pour plus d'informations sur ce modèle, consultez les trois documents suivants :

- Capsule théorique sur le modèle de la membrane basilaire de la cochlée
- Vidéo accompagnant la capsule théorique sur le modèle de la membrane basilaire de la cochlée (<https://www.youtube.com/watch?v=7Jjip5GKLL4>)
- Étapes de fabrication du modèle de la membrane basilaire de la cochlée