

Enseignement scientifique

Programme de première rentrée 2019

Un exemple de séquence avec un travail conjoint entre les 3 matières



Mathématiques
Adeline PAY



Physique-Chimie
Angélique PASSELANDE



S.V.T
Julie CLAUSSE



THEME CHOISI :

Son et musique, porteurs d'information

Les dangers du son liés au niveau sonore

Problématique générale :

Lors d'un concert, plusieurs guitares jouent simultanément : cela peut-il mettre en danger l'oreille humaine ?



PLACE DANS LA PROGRESSION

- Une longue histoire de la matière
- Son et musique, porteurs d'information
- Le système Soleil-Terre (*regroupe les thèmes 2 et 3*)
- Projet expérimental et numérique



ORGANISATION DE CETTE SEQUENCE

2 séances de Physique de 1,5h

3 séances de SVT de 1,5 h

2 séances de Maths de 1h

CE QUE DIT LE PROGRAMME



Histoire, enjeux, débats

L'histoire de l'analyse temps-fréquence depuis Fourier.

La controverse entre d'Alembert, Euler et Daniel Bernoulli sur le problème des cordes vibrantes.

L'histoire des gammes, de Pythagore à Bach.

Des algorithmes au cœur de la composition musicale : de l'Offrande musicale de Bach à la musique contemporaine.

Les enjeux culturels et économiques de la numérisation et de la compression des sons.

La santé auditive.



Choix : La santé auditive



4.1 - Le son, phénomène vibratoire

La banalité du son dans l'environnement cache une réalité physique précise.

Savoirs

Un son pur est associé à un signal dépendant du temps de façon sinusoïdale.

Un signal périodique de fréquence f se décompose en une somme de signaux sinusoïdaux de fréquences multiples de f . Le son associé à ce signal est un son composé.

f est appelée fréquence fondamentale, les autres fréquences sont appelées harmoniques.

La puissance par unité de surface transportée par une onde sonore est quantifiée par son intensité.

Son niveau d'intensité sonore est exprimé en décibels selon une échelle logarithmique.

Une corde tendue émet en vibrant un son composé dont la fréquence fondamentale ne dépend que de ses caractéristiques (longueur, tension, masse linéique).

Dans les instruments à vent, un phénomène analogue se produit par vibration de l'air dans un tuyau.

Savoir-faire

Utiliser un logiciel permettant de visualiser le spectre d'un son.

Utiliser un logiciel pour produire des sons purs et composés.

Relier puissance sonore par unité de surface et niveau d'intensité sonore exprimé en décibels.

Relier qualitativement la fréquence fondamentale du signal émis et la longueur d'une corde vibrante.

Prérequis et limites

Les notions de son et de fréquence, déjà connues des élèves, sont remobilisées.

La sinusoïde est définie à partir de sa représentation graphique. Aucune construction mathématique de la fonction n'est attendue.

La formule donnant la fréquence fondamentale d'une corde vibrante en fonction de ses caractéristiques n'est pas exigible.



4.4 - Entendre la musique

L'air qui vibre n'est musique que parce que notre oreille l'entend et que notre cerveau la perçoit comme telle. Mais l'excès de sons, même s'il est musical, est une forme de perturbation de l'environnement.

Savoirs

L'oreille externe canalise les sons du milieu extérieur vers le tympan. Cette membrane vibrante transmet ces vibrations jusqu'à l'oreille interne par l'intermédiaire de l'oreille moyenne.

L'être humain peut percevoir des sons de niveaux d'intensité approximativement compris entre 0 et 120 dB.

Les sons audibles par les humains ont des fréquences comprises entre 20 et 20 000 Hz.

Dans l'oreille interne, des structures cellulaires (cils vibratiles) entrent en résonance avec les vibrations reçues et les traduisent en un message nerveux qui se dirige vers le cerveau.

Les cils vibratiles sont fragiles et facilement endommagés par des sons trop intenses. Les dégâts sont alors irréversibles et peuvent causer une surdité.

Des aires cérébrales spécialisées reçoivent les messages nerveux auditifs. Certaines permettent, après apprentissage, l'interprétation de l'univers sonore (parole, voix, musique, etc.).

Savoir-faire

Relier l'organisation de l'oreille externe et de l'oreille moyenne à la réception et la transmission de la vibration sonore.

Relier la structure des cellules ciliées à la perception du son et à la fragilité du système auditif.

Relier l'intensité du son au risque encouru par l'oreille interne.

Interpréter des données d'imagerie cérébrale relatives au traitement de l'information sonore.

Prérequis et limites

La connaissance approfondie de la physiologie de l'audition n'est pas l'objectif du programme. En particulier, les modalités de transduction de la vibration auditive en message nerveux ne sont pas exigibles. Il s'agit simplement de présenter dans ses grandes lignes le passage du phénomène physique du son à la sensibilité auditive consciente, en faisant apparaître les rôles respectifs de l'oreille et du cerveau.



LES MOTS CLES DU PROGRAMME

observer

décrire

mesurer

quantifier

calculer

imaginer

modéliser

simuler

raisonner

prévoir le futur ou remonter dans le passé

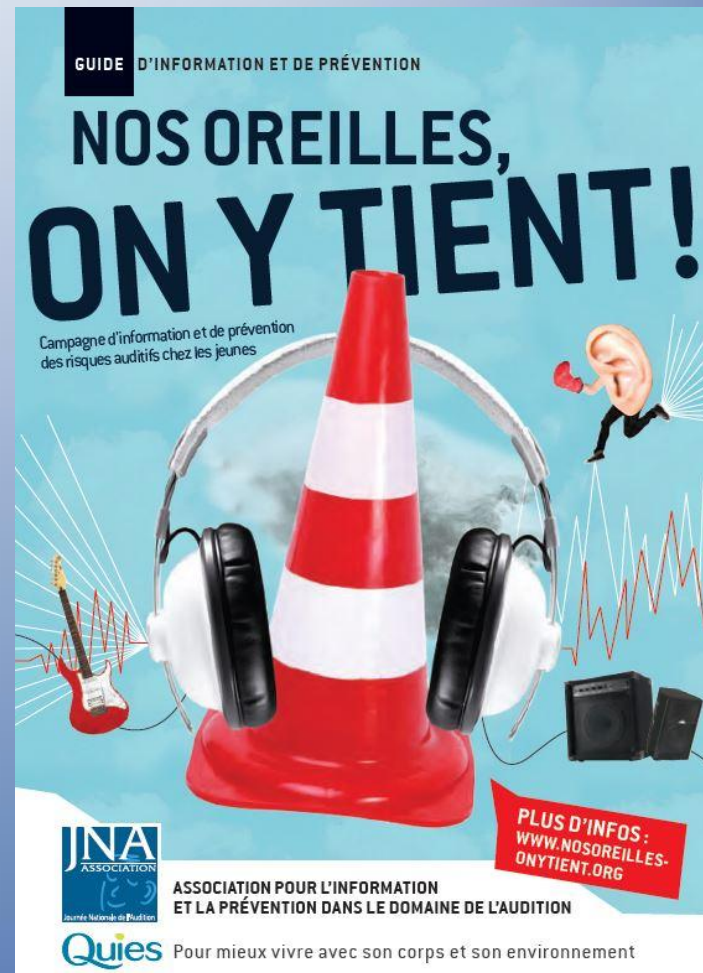
SEANCE DE LANCEMENT

Document d'appel :
extrait d'une vidéo

« On n'est pas que des
cobayes ».

[mur du son on n'est pas que
des cobayes.mkv](#)

(Lien internet : <https://www.dailymotion.com/video/xvxewf>)



<https://paysdelaloire.mutualite.fr/dossiers/outil-kit-pedagogique-risques-auditifs/>



PHYSIQUE SEANCE 1

TP de 1h30

Sons composés et niveau d'intensité sonore

Acquis de seconde : Attention la première année, cette partie peut ne pas être un rappel car le nouveau programme de seconde n'a pas été mis en place pour ces élèves.

Emission et propagation d'un signal sonore/vitesse de propagation/signal sonore périodique/relation période-fréquence/perception du son : lien entre fréquence et hauteur/liens entre forme du signal et timbre/ lien qualitatif entre amplitude, intensité sonore, niveau d'intensité sonore/Echelle de niveaux d'intensité sonore.

Objectifs de la séance de TP :

- comprendre les notions de son pur/son composé
- apprendre à quantifier la puissance surfacique transportée par une onde sonore par la mesure d'un niveau d'intensité sonore.



TP en 2 parties

2 sous-questions en lien direct avec problématique de la séquence :

➤ ***1) Quel type de son émettent les instruments de musique (en particulier la guitare) ?***

Tâche réalisée : Enregistrement sous Latispro ou Audacity du son émis par un diapason puis par une flûte ou une guitare et visualisation des spectres du son.

Bilan : La guitare produit un son composé (définition de son composé).

Compétences travaillées : réaliser, modéliser

TICE : utilisation d'un logiciel d'enregistrement et d'analyse de sons.



➤2) *Que se passe-t-il quand plusieurs instruments jouent en même temps ?*

Tâche réalisée : Enregistrement du son et mesure de L au sonomètre (ou application sonomètre sur Smartphone) pour un seul son puis pour 2 sons identiques et de même intensité, 3 sons identiques, 4 sons identiques

Bilan : Lorsqu'on double le nombre d'instruments, le niveau d'intensité sonore ne double pas.

Compétences travaillées : réaliser, s'informer.

TICE : utilisation d'un logiciel de production de sons.



Différenciation : activité supplémentaire pour les plus rapides :

3) Quelle solution simple pour se protéger d'un son trop fort ?

Réponse : Il faut s'éloigner de la source.

Tâche réalisée : mesure de L pour un son produit par l'ordinateur à différentes distances

Bilan : Il faut s'éloigner de la source.

(On peut imaginer un bilan encore plus précis si certains ont le temps de tracer une courbe de L en fonction de d .)



4.1 - Le son, phénomène vibratoire

La banalité du son dans l'environnement cache une réalité physique précise.

Savoirs

Savoir-faire

Un son pur est associé à un signal dépendant du temps de façon sinusoïdale.

Un signal périodique de fréquence f se décompose en une somme de signaux sinusoïdaux de fréquences multiples de f . Le son associé à ce signal est un son composé.

f est appelée fréquence fondamentale, les autres fréquences sont appelées harmoniques.

Utiliser un logiciel permettant de visualiser le spectre d'un son.

Utiliser un logiciel pour produire des sons purs et composés.

La puissance par unité de surface transportée par une onde sonore est quantifiée par son intensité. Son niveau d'intensité sonore est exprimé en décibels selon une échelle logarithmique.

Relier puissance sonore par unité de surface et niveau d'intensité sonore exprimé en décibels.

Une corde tendue émet en vibrant un son composé dont la fréquence fondamentale ne dépend que de ses caractéristiques (longueur, tension, masse linéique).

Dans les instruments à vent, un phénomène analogue se produit par vibration de l'air dans un tuyau.

Relier qualitativement la fréquence fondamentale du signal émis et la longueur d'une corde vibrante.

Prérequis et limites

Les notions de son et de fréquence, déjà connues des élèves, sont remobilisées.

La sinusoïde est définie à partir de sa représentation graphique. Aucune construction mathématique de la fonction n'est attendue.

La formule donnant la fréquence fondamentale d'une corde vibrante en fonction de ses caractéristiques n'est pas exigible.



MATHEMATIQUES SEANCE 1

5 questions rapides au début de chaque séance.

Ici :

- puissances de 10,
- reconnaître ou rejeter la nature des fonctions (affines, polynôme degré deux, inverse) ,
- lire des informations sur une courbe.

[AR son ens scient 6 mai.pptx](#)

Activité 1



Différents niveaux sonores ont été mesurés, les résultats sont regroupés dans ce tableau.

Où situeriez-vous le niveau sonore de :

Trois salles de lecture ?

Deux klaxons simultanés ?

Quatre scies circulaires ?

Sources de bruit	Mesure du bruit	Niveaux de bruit
Avion au décollage à 100 m	130 dB	
Marteau-pilon, circuit Formule 1	120 dB	Seuil de la douleur
Passage de train, concert de rock	110 dB	
Scie circulaire, marteau-piqueur	100 dB	Seuil de danger
Walkman volume maxi	90 dB	
Klaxon	85 dB	Seuil de risque
Trafic très dense	80 dB	
Restaurant bruyant, salle de classe bruyante	70 dB	
Conversation animée	65 dB	Seuil de gêne
Bureau calme, restaurant paisible	50 dB	
Salle de lecture	30 dB	
Jardin calme, bruissement de feuilles	20 dB	
Studio d'enregistrement	10 dB	
Laboratoire acoustique	0 dB	Seuil d'audition

<http://les.cahiers-developpement-durable.be/outils/bruit/>

Objectif :

prendre conscience que les niveaux sonores émis par plusieurs sources sonores ne s'additionnent pas.

Compétences travaillées : s'informer, quantifier, raisonner.



Activité 2

Voici le tableau des mesures effectuées en physique.

Nous avons également ajouté d'autres mesures.

Intensité Puiss surfacic I ($W.m^{-2}$)	10^{-10}	10^{-9}	10^{-8}	$1,2.10^{-7}$	4.10^{-4}	0,001	0,002	0,003	0,004	0,01	0,02	0,03	0,05
Niveau sonore L (dB)	20	30	40	50,8	86	90	93	94,8	96	100	103	104,8	107

Peut-on en déduire la valeur de L lorsque :

$I = 0,3 W.m^{-2}$? (utiliser la propriété : quand $I \times 10$, $L + 10$)

$I = 2 \times 10^{-4} W.m^{-2}$? (propriété dans « l'autre sens » : quand $I \div 10$, $L - 10$)

$I = 0,06 W.m^{-2}$? (l'élève a pu remarquer que quand $I \times 2$, $L + 3$).

$I = 0,005 W.m^{-2}$? (on ne peut pas additionner 93 et 94,8 ; utiliser le résultat obtenu avec 0,05 et la propriété : $I \div 10$, $L - 10$).



Intensité Puiss surfacic I ($W.m^{-2}$)	10^{-10}	10^{-9}	10^{-8}	$1,2.10^{-7}$	4.10^{-4}	0,001	0,002	0,003	0,004	0,01	0,02	0,03	0,05
Niveau sonore L (dB)	20	30	40	50,8	86	90	93	94,8	96	100	103	104,8	107

Peut-on en déduire la valeur de I lorsque :

$L = 60$ dB ? (utiliser la propriété : quand $L + 10$, $I \times 10$)

$L = 0$ dB ?

$L = 99$ dB ? (utiliser la propriété : quand $L + 3$, $I \times 2$)



Objectifs : remarquer que

- lorsque I est multiplié par 10, L augmente de 10 ;
- lorsque I est divisé par 10, L diminue de 10 ;
- lorsque I est multiplié par 2, L augmente de 3 environ ;
- lorsque I est multiplié par x , L n'augmente pas de x ...
- on ne peut pas additionner les décibels (*déjà compris à l'activité 1 en maths et lors du TP de physique*) ;
- pour les puissances de 10, on peut déterminer facilement le niveau sonore.



Différenciation :

Certains élèves feront plus de calculs que d'autres à qui il faudra fournir des indications au fur et à mesure ;

Certains arriveront à formuler correctement les propriétés précédentes ;

Question supplémentaire : quelle est la limite maximale du niveau sonore ? Par exemple, se questionner sur combien d'avions peuvent décoller en même temps dans un aéroport.

Compétences travaillées : s'informer, calculer, raisonner, modéliser

TICE : calculatrice



SVT SEANCE 1

TP de 1h30

Oreille et perception du son

Acquis de seconde : Notion de capteur et de signal nerveux allant vers un centre nerveux pour analyse et traitement de l'information (régulation de la pression artérielle)

Objectifs de la séance de TP :

- Comprendre l'organisation et le fonctionnement de l'oreille
- Faire le lien entre organisation de l'oreille et réception/transmission de la vibration sonore

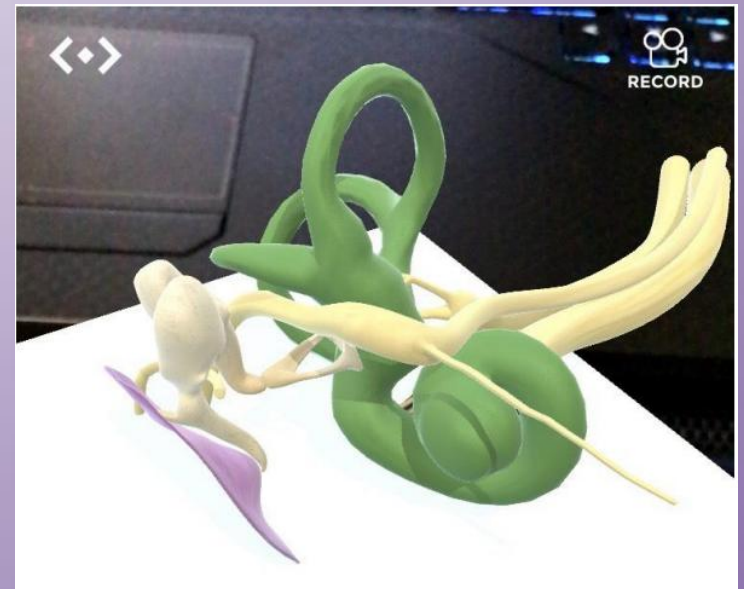
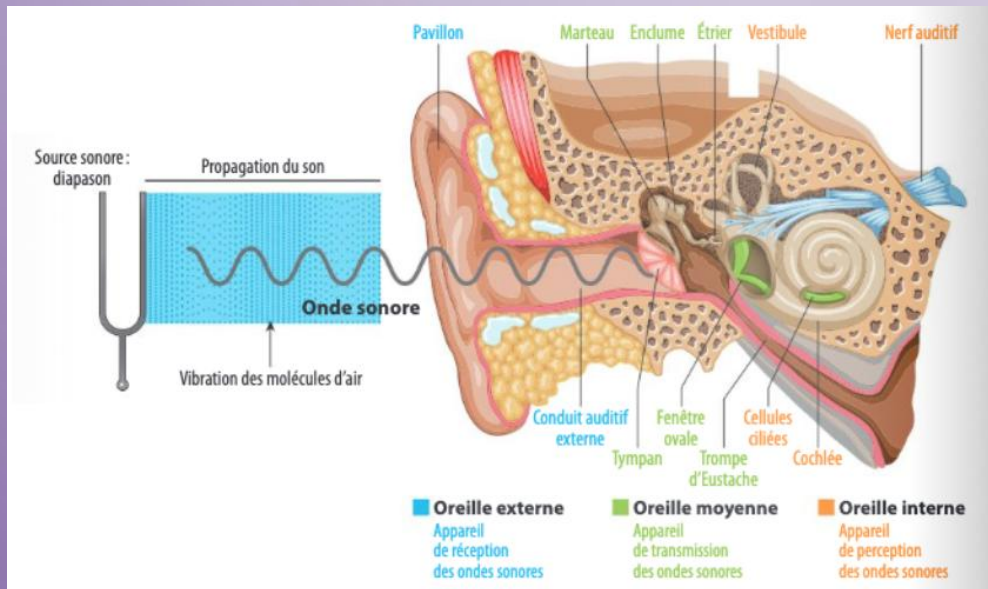


TP en 2 parties

2 sous-questions en lien direct avec problématique de la séquence :

➤ 1) *Comment notre oreille reçoit-elle et transmet-elle les vibrations sonores?*

Tâche réalisée : Découverte de l'organisation de l'oreille



Organisation de l'oreille

Manuel enseignement scientifique 1^{ère} édition Didier 2019

Visualisation de l'oreille interne avec le merge cube



Bilan : Oreille organisée en 3 parties :

- Oreille externe = collecte et concentration des vibrations vers le tympan
- Oreille moyenne = transmission mécanique jusqu'à l'oreille interne
- Oreille interne = conversion des vibrations en message nerveux qui sera transmis au cerveau

Différenciation :

Pour les plus rapides et les plus à l'aise, capture d'image avec l'application Object Viewer (compatible avec le Merge cube) et légende de l'oreille interne.

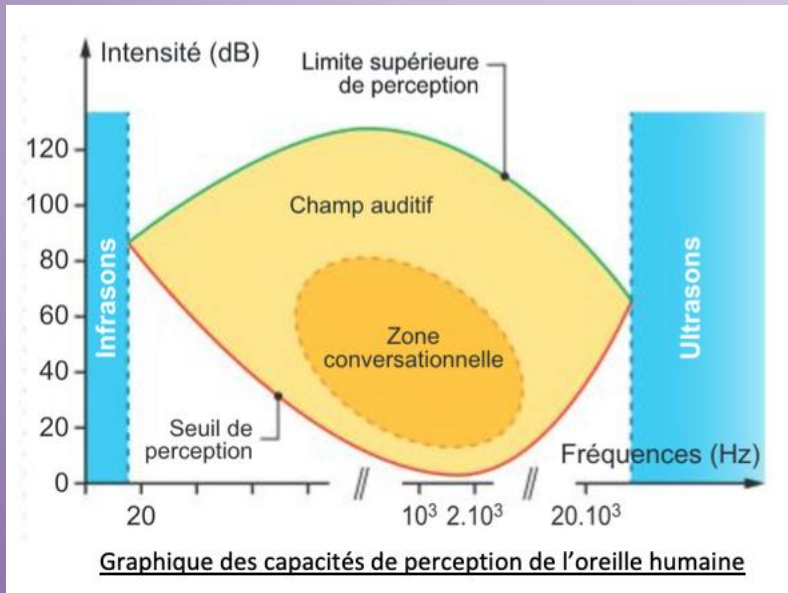
Compétences travaillées : observer, décrire, s'informer

TICE : visionnage d'une vidéo + utilisation du Merge cube avec tablette ou smartphone (visualisation de l'oreille interne en 3D)



➤ 2) Comment le son est-il perçu et quels sont les sons audibles par l'Homme ?

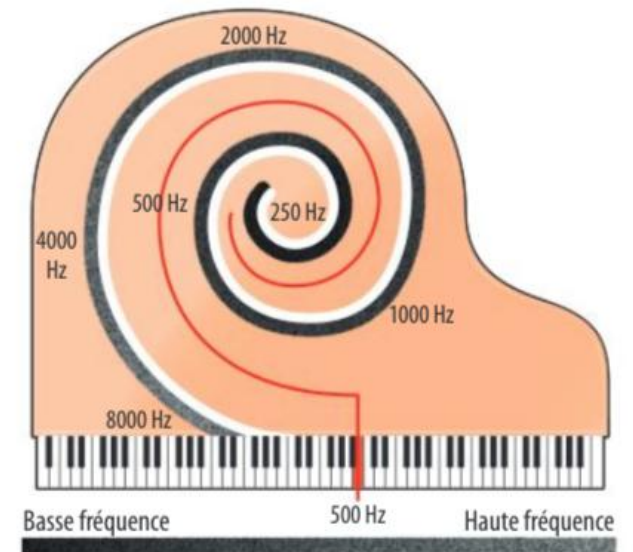
Tâche réalisée : Etude de documents pour comprendre la tonotopie et la façon dont la cochlée reconnaît la hauteur du son. Etude du graphique des capacités de perception de l'oreille humaine.



La tonotopie

Tout le long de la cochlée, il y a une distribution de la réception des différentes fréquences d'un son : c'est la **tonotopie**.

Les sons de haute fréquence produisent des vibrations très fortes mais qui ne se propageront que sur une faible distance dans le liquide cochléaire. À l'inverse, les sons de basse fréquence produisent une onde qui se propagera jusqu'à l'apex de la cochlée.





Bilan : L'être humain peut percevoir des sons de niveau d'intensité compris entre 0 et 120 dB environ. Les sons audibles par les humains ont des fréquences comprises entre 20 et 20 000 Hz.

Dans l'oreille interne, des structures cellulaires (cils vibratiles) entrent en résonance avec les vibrations reçues. La tonotopie va permettre de traduire la fréquence du son grâce à une distribution différente le long de la cochlée.

Compétences travaillées : décrire, s'informer.



4.4 - Entendre la musique

L'air qui vibre n'est musique que parce que notre oreille l'entend et que notre cerveau la perçoit comme telle. Mais l'excès de sons, même s'il est musical, est une forme de perturbation de l'environnement.

Savoirs

L'oreille externe canalise les sons du milieu extérieur vers le tympan. Cette membrane vibrante transmet ces vibrations jusqu'à l'oreille interne par l'intermédiaire de l'oreille moyenne.

L'être humain peut percevoir des sons de niveaux d'intensité approximativement compris entre 0 et 120 dB.

Les sons audibles par les humains ont des fréquences comprises entre 20 et 20 000 Hz.

Dans l'oreille interne, des structures cellulaires (cils vibratiles) entrent en résonance avec les vibrations reçues et les traduisent en un message nerveux qui se dirige vers le cerveau.

Les cils vibratiles sont fragiles et facilement endommagés par des sons trop intenses. Les dégâts sont alors irréversibles et peuvent causer une surdité.

Savoir-faire

Relier l'organisation de l'oreille externe et de l'oreille moyenne à la réception et la transmission de la vibration sonore.

Relier la structure des cellules ciliées à la perception du son et à la fragilité du système auditif.

Relier l'intensité du son au risque encouru par l'oreille interne.



PHYSIQUE SEANCE 2

TP de 1h30

La corde vibrante

Objectif de la séance de TP :

Comprendre comment les caractéristiques de la corde vibrante (longueur, tension, masse linéique) influencent la fréquence fondamentale du son émis par cette corde.

Tâche réalisée :

- Mise en place d'un dispositif avec une corde tendue à l'aide d'une masselotte
- Mise en vibration libre de la corde
- Enregistrement du son
- Mesure de la fréquence fondamentale.

1) Etude de l'influence de la longueur (raccourcir la corde en l'enroulant plus ou moins d'un côté)

2) Etude de l'influence de la tension (changer la masse à l'autre bout)

Eventuellement :

3) Etude de l'influence de la masse linéique (Au moins 2 types de cordes différentes).



Bilan

Question	Paramètre d'influence testé	Paramètres fixés	Observation	Lien avec la guitare
Comment varie la valeur de f_1 lorsque la longueur L de la corde est divisée par 2 ?	Longueur de la corde	Masse et épaisseur	Si L diminue alors f augmente	Plus la corde est courte, plus le son est aigu.
Comment varie la valeur de f_1 lorsque la valeur T de la tension de la corde est multipliée par 4 ?	Masse suspendue au fil	Longueur et épaisseur	Si T est divisée par 4 alors f est divisée par 2	Plus la tension est faible, plus le son est grave.
Comment varie la valeur de f_1 lorsque la masse linéique (masse par unité de longueur de corde) est multipliée par 4 ?	Masse linéique de la corde	Longueur et tension	Si μ est multipliée par 4 alors f est divisée par 2	Plus la corde est épaisse, plus le son est grave.

Tous les groupes obtiennent la même fréquence fondamentale lorsque L , T et la masse linéique sont les mêmes, bien que chaque élève n'ait pas pincé la corde de la même façon.

Bilan : Une corde tendue émet en vibrant un son composé dont la fréquence fondamentale ne dépend que des caractéristiques de la corde (longueur, tension, masse linéique).



4.1 - Le son, phénomène vibratoire

La banalité du son dans l'environnement cache une réalité physique précise.

Savoirs

Un son pur est associé à un signal dépendant du temps de façon sinusoïdale.
Un signal périodique de fréquence f se décompose en une somme de signaux sinusoïdaux de fréquences multiples de f . Le son associé à ce signal est un son composé.
 f est appelée fréquence fondamentale, les autres fréquences sont appelées harmoniques.
La puissance par unité de surface transportée par une onde sonore est quantifiée par son intensité.
Son niveau d'intensité sonore est exprimé en décibels selon une échelle logarithmique.

Savoir-faire

Utiliser un logiciel permettant de visualiser le spectre d'un son.
Utiliser un logiciel pour produire des sons purs et composés.
Relier puissance sonore par unité de surface et niveau d'intensité sonore exprimé en décibels.

Une corde tendue émet en vibrant un son composé dont la fréquence fondamentale ne dépend que de ses caractéristiques (longueur, tension, masse linéique).
Dans les instruments à vent, un phénomène analogue se produit par vibration de l'air dans un tuyau.

Relier qualitativement la fréquence fondamentale du signal émis et la longueur d'une corde vibrante.

Prérequis et limites

Les notions de son et de fréquence, déjà connues des élèves, sont remobilisées.
La sinusoïde est définie à partir de sa représentation graphique. Aucune construction mathématique de la fonction n'est attendue.
La formule donnant la fréquence fondamentale d'une corde vibrante en fonction de ses caractéristiques n'est pas exigible.

MATHEMATIQUES SEANCE 2



Activité 3 (après l'AR), différenciée à l'aide de deux versions.

Version A : question ouverte

L'intensité émise par une guitare située à 5 m de l'auditeur est de $1,65 \times 10^{-5} \text{ W.m}^{-2}$.

Quel est le niveau sonore correspondant ?

Version B : avec des indications

a. Placer les points du tableau de l'act 2 de coordonnées (intensité ; niveau sonore) dans un repère.

Problème : échelle habituelle vraiment pas pratique.

b. Le nuage de points obtenu fait-il penser à une courbe connue ?

c. L'intensité émise par une guitare située à 5 m de l'auditeur est de $1,65 \times 10^{-5} \text{ W.m}^{-2}$. Quel est le niveau sonore ?



Objectifs :

- **placer les points du tableau de valeurs, constater que le nuage de points ne s'apparente pas à une courbe connue, il faut donc chercher un autre modèle ;**
- **découverte et utilisation du papier semi-logarithmique, on parle d'échelle logarithmique**
- **découverte d'une formule reliant L et I .**

Nous sommes au stade où l'élève place les points sur papier ou logiciel.

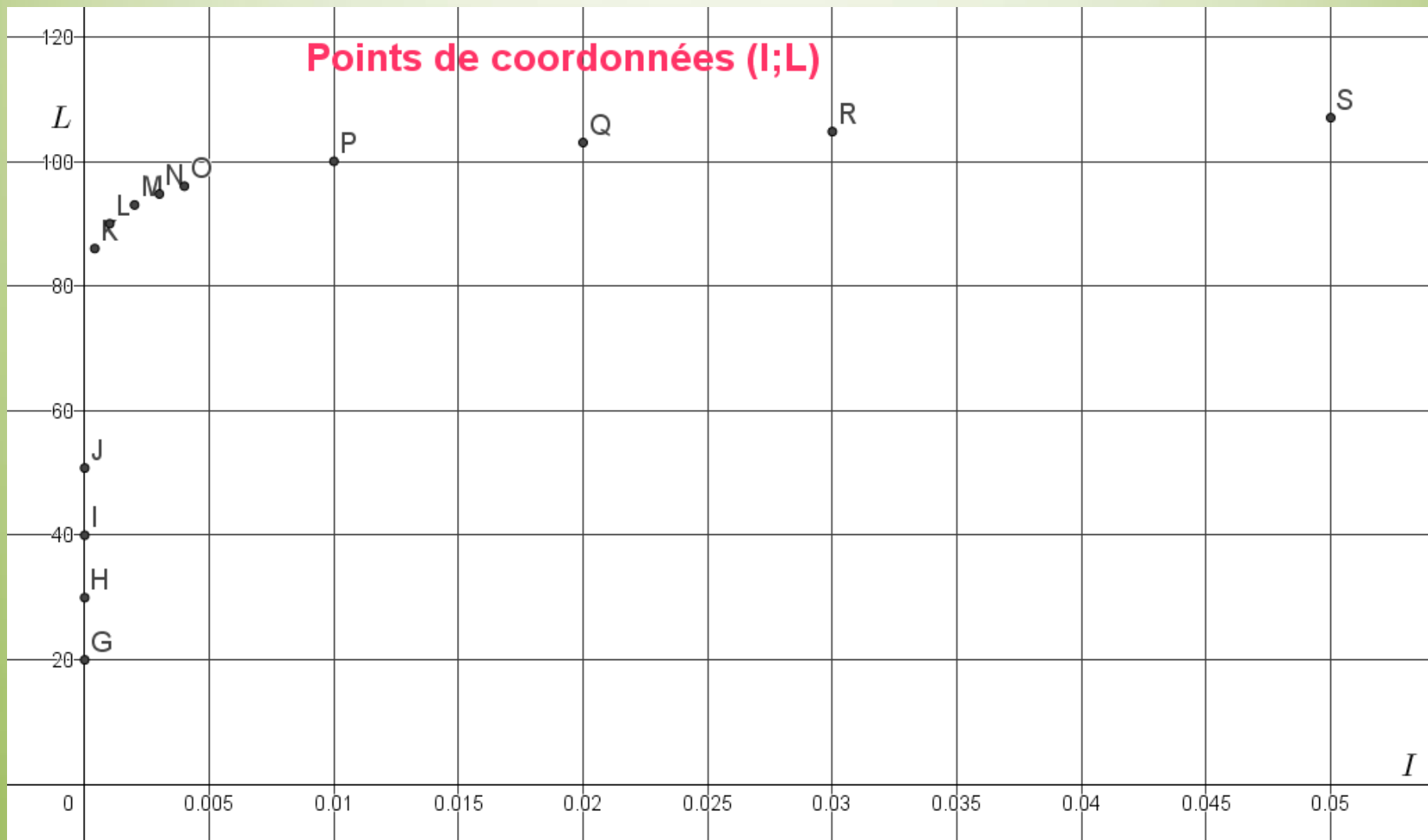
Il rencontre des difficultés avec l'échelle.

Sur papier, on peut lui présenter le papier semi-logarithmique.

Sur logiciel, il peut essayer d'adapter l'échelle des axes.



Points de coordonnées (I;L)



Le nuage de points est tracé. On s'interroge alors sur la modélisation.

Attention,

si on utilise la fonctionnalité "courbe de tendance" sur Geogebra ou sur tableur, on obtient $L \approx 120 + 4,35 \ln I$.

Fonction

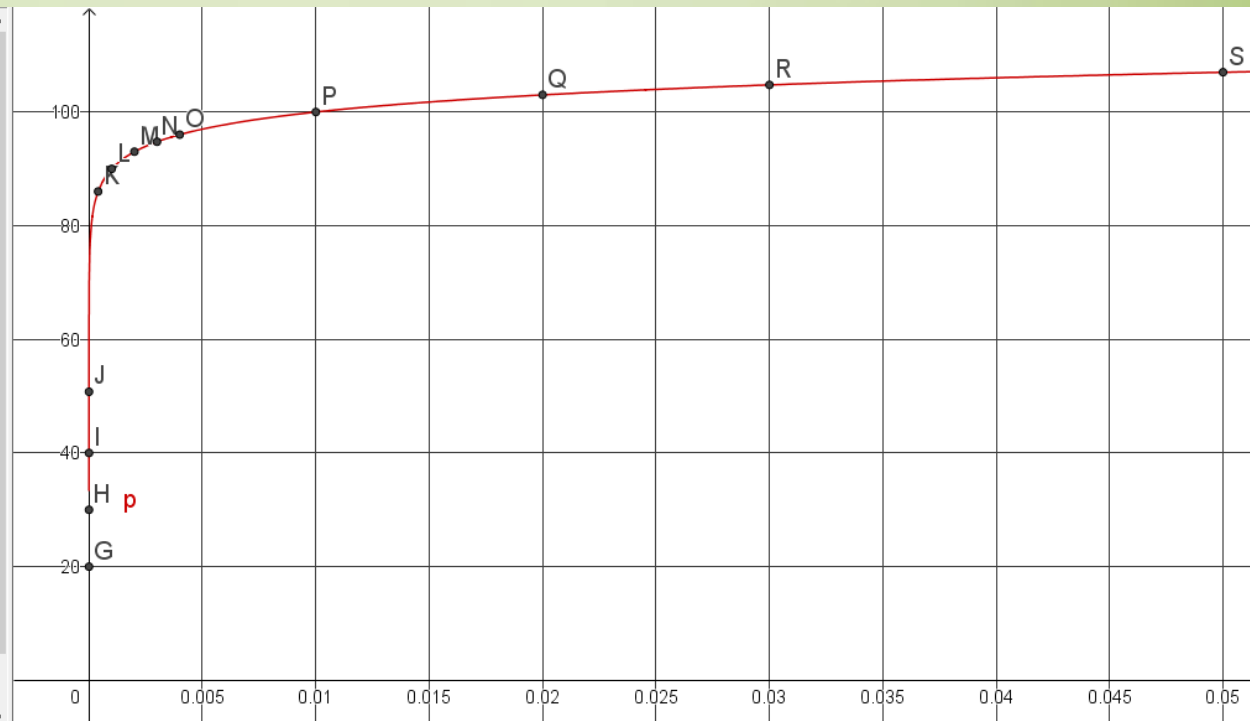
- $p(x) = 119.9994796408 + 4.3429366267 \ln(x)$




Liste

- $I1 = \{(0.0000000001, 20), (0.000000001, 30), (0.0000000012, 50.79), (0.0004, 86.02), (0.001, 90), (0.002, 93.01), (0.003, 94.77), (0.004, 96.02), (0.01, 100), (0.02, 103.01)\}$

Point

- A = (0.0000000001, 20)
- B = (0.000000001, 30)
- C = (0.00000012, 50.79)
- D = (0.001, 90)
- E = (0.003, 94.77)
- F = (0.02, 103.01)
- G = (0.0000000001, 20)
- H = (0.000000001, 30)
- I = (0.00000001, 40)
- J = (0.00000012, 50.79)
- K = (0.0004, 86.02)
- L = (0.001, 90)
- M = (0.002, 93.01)
- N = (0.003, 94.77)
- O = (0.004, 96.02)
- P = (0.01, 100)
- Q = (0.02, 103.01)





Proposition 1 pour contourner le problème précédent :

Proposer une liste de fonctions et demander laquelle est compatible avec le nuage de points obtenu.

Explorer brièvement les touches inconnues de la calculatrice.

Les fonctions log et ln seront utilisées comme une touche de la calculatrice.

Les élèves n'ont droit qu'à trois essais, l'objectif étant d'éliminer certaines possibilités et de se questionner sur la nature du nuage de points.

a. $L = 10I - 10$

b. $L = I^2 + 10I - 10$

c. $L = \frac{200}{I}$

d. $L = 120 + \log I$

e. $L = 10 \log\left(\frac{I}{10^{-12}}\right)$

f. $L = \sqrt{I}$

g. $L = 10 \ln\left(\frac{I}{10}\right)$



Proposition 2 pour contourner le problème précédent :

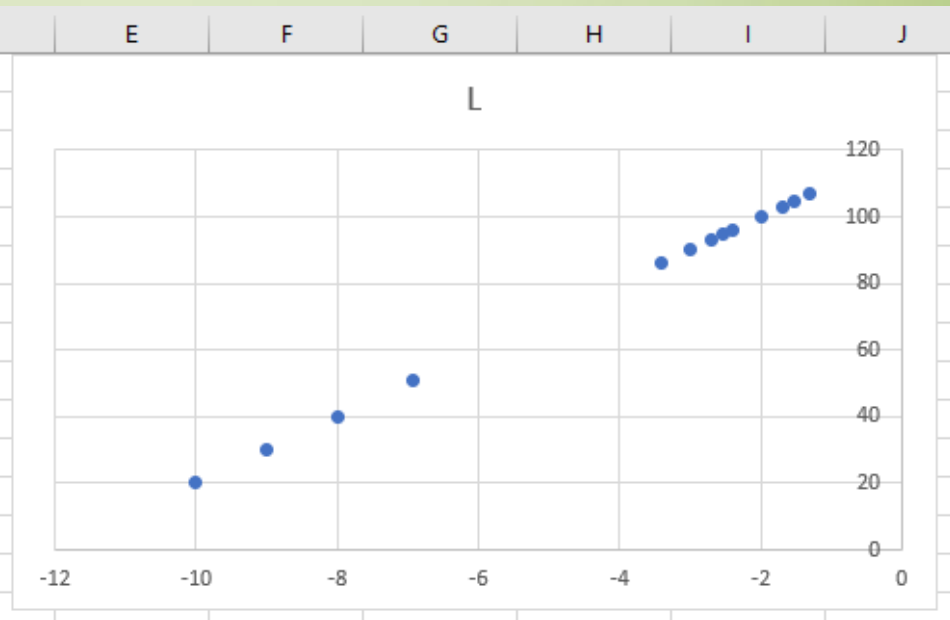


L'élève a rencontré des problèmes pour placer les points et on a évoqué l'échelle logarithmique.

On lui propose d'ajouter une colonne avec $\log I$ et de tracer le nuage de points de coordonnées $(\log I, L)$.

	A	B
1	I	L
2	1E-10	20
3	0,000000001	30
4	0,00000001	40
5	0,00000012	50,79
6	0,0004	86,02
7	0,001	90
8	0,002	93,01
9	0,003	94,77
10	0,004	96,02
11	0,01	100
12	0,02	103,01
13	0,03	104,77
14	0,05	106,99

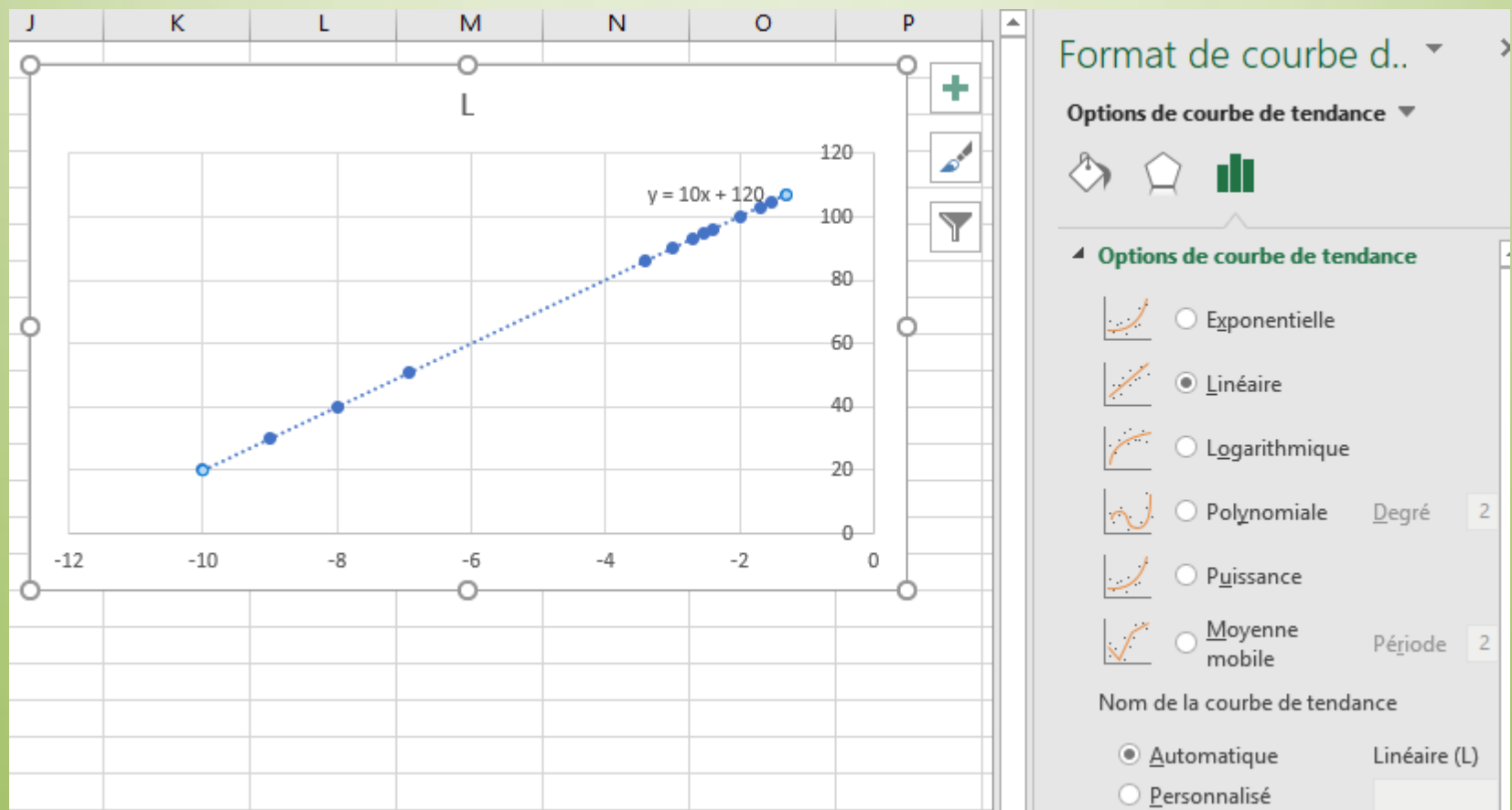
	A	B	C
1	I	$\log I$	L
2	1E-10	-10	20
3	0,000000001	-9	30
4	0,00000001	-8	40
5	0,00000012	-6,920818754	50,79
6	0,0004	-3,397940009	86,02
7	0,001	-3	90
8	0,002	-2,698970004	93,01
9	0,003	-2,522878745	94,77
10	0,004	-2,397940009	96,02
11	0,01	-2	100
12	0,02	-1,698970004	103,01
13	0,03	-1,522878745	104,77
14	0,05	-1,301029996	106,99





Le nuage de points obtenu suggère un modèle affine.

On obtient $y = 10x + 120$ donc $L = 10 \log I + 120$.





Il reste à faire le lien entre $L = 10 \log I + 120$ et la formule utilisée couramment

$$L = 10 \log \left(\frac{I}{10^{-12}} \right).$$

Question possible : laquelle de ces formes est celle qui correspond à $L = 10 \log I + 120$?

a. $L = 10 \frac{\log I}{10^{-12}}$

b. $L = 10 (\log I + 10^{-12})$

c. $L = 10 \log \left(\frac{I}{10^{-12}} \right)$

d. $L = \log \left(\frac{I}{10^{-12}} \right)$

$I = 10^{-12} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ est la puissance surfacique de référence.

Les élèves ont dû comprendre avec les travaux précédents qu'on utilise des rapports pour raisonner sur les intensités.



A ce stade, les élèves ont conjecturé et on a admis la formule :

$$L = 10 \log \left(\frac{I}{10^{-12}} \right).$$

Différenciation :

Par groupes, les élèves conjecturent des propriétés de la fonction

$$I \mapsto 10 \log \left(\frac{I}{10^{-12}} \right).$$

Objectif principal : retrouver la propriété "quand on multiplie l'intensité par 10, le niveau sonore augmente de 10".

Objectifs secondaires :

La croissance de la fonction $I \mapsto 10 \log \left(\frac{I}{10^{-12}} \right)$ permet de confirmer que, lorsque I augmente, alors L augmente.

Les élèves retrouvent les valeurs remarquables de l'activité 2 lorsque I est une puissance de 10.

.....



On continue à manipuler la formule :

$$L = 10 \log \left(\frac{I}{10^{-12}} \right).$$

Déterminer la valeur de L lorsque :

$$I = 0,3 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$$

$$I = 2 \times 10^{-4} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$$

$$I = 0,005 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$$

$$I = 1,65 \cdot 10^{-5} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \text{ (intensité émise par la guitare).}$$

On remet quelques valeurs de l'intensité I afin que les élèves puissent vérifier



Différenciation :

Stratégies différentes choisies selon les élèves et suggérées par l'enseignant (papier, tableur, Geogebra, liste de fonctions...)

Compétences travaillées :

représenter, raisonner, modéliser, calculer

TICE : calculatrice, tableur, Geogebra



Autres pistes de différenciation possibles (pour des élèves très en avance voire très très en avance...) :

Déterminer la valeur de I lorsque : $L = 61 \text{ dB}$; $L = 0,1 \text{ dB}$; $L = 53 \text{ dB}$...

Programmer sur Python une table de valeurs de L en fonction de I .

Programmer sur Python un algorithme type dichotomie qui donne une valeur approchée de I quand on a entré L .

Tracer sur Geogebra les courbes d'équation :

$y = \sin(ax)$ avec a variable (son pur),

$y = \sin(ax) + \sin(bx)$ avec a et b variables (son composé).

Lire la période graphiquement.

Les fréquences audibles par l'homme comprises entre 20 Hz et $20\,000 \text{ Hz}$.

Pour chacune de ces deux fréquences, déterminer l'expression d'une sinusoïde qui représente un son pur.



SVT SEANCE 2

TP de 1h30

De l'oreille interne au cerveau

Acquis de seconde : Notion de capteur et de signal nerveux allant vers un centre nerveux pour analyse et traitement de l'information (régulation de la pression artérielle)

Objectifs de la séance de TP :

- Mettre en évidence la conversion des vibrations en signal électrique par les cellules ciliées
- Arrivée du message nerveux jusqu'au cerveau et traitement de l'information par celui-ci
- Fragilité des cellules ciliées et danger du son



TP en 3 parties

3 sous-questions en lien direct avec problématique de la séquence :

- **1) Comment les cellules ciliées de l'oreille interne permettent la conversion des vibrations en message nerveux ?**

Tâche réalisée : Etude de documents

Bilan : Les cellules ciliées possèdent des cils sensibles au mouvement du liquide cochléaire. A chaque mouvement du liquide, les cils sont mis en mouvement ce qui génère la formation de potentiels d'actions dans les nerfs sensitifs. Le message nerveux formé est alors envoyé vers le cerveau via le nerf auditif.

Compétences travaillées : décrire, s'informer.

➤ 2) Quel est le rôle du cerveau dans l'audition ?

Tâche réalisée : Visualisation d'IRM fonctionnels et étude de documents

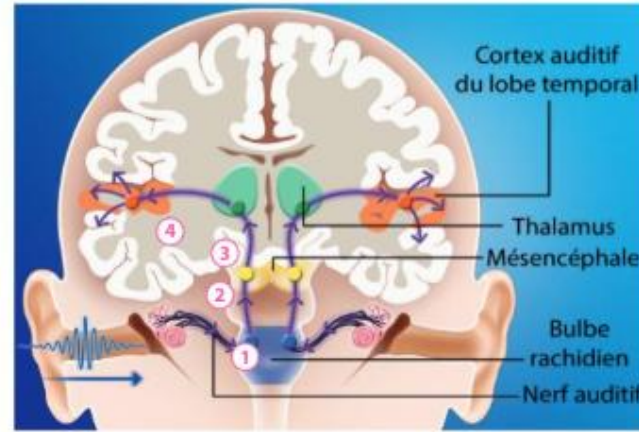
The screenshot displays the EduAnat2 software interface for visualizing functional MRI (fMRI) data. The interface is divided into several sections:

- Control Panel (Left):** Contains buttons for "Ouvrir une image anatomique", "Ouvrir un calque fonctionnel", "Fermer cette image", and "Comparer deux images". Below these are sliders for "Contraste : 1.00" and "Luminosité : 0.5". A section for "Calque fonctionnel" includes a visibility toggle, "IRM sujet13141BisyllabeVersusSilence", "Seuil : 50", and a color scale legend.
- Brain Views:** Three main views are shown:
 - Axial (Top Left):** Slice 28, showing a cross-section of the brain with functional activation in the auditory cortex (colored green and blue).
 - Sagittal (Top Right):** Slice 91, showing a side view of the brain.
 - Coronal (Bottom Left):** Slice 137, showing a front view of the brain with functional activation in the auditory cortex.
- 3D Model (Bottom Right):** A 3D rendering of the brain with anatomical labels: "avant" (front), "arrière" (back), "gauche" (left), "droite" (right), "ventre" (venter), and "dos" (back).

Activation du cortex auditif lors de l'écoute de sons bisyllabiques



Le chemin des informations nerveuses auditives



- 1 Arrivée des informations auditives au **bulbe rachidien** : travail de décodage du message auditif, *durée, intensité*.
- 2 Transmission vers le **mésencéphale** : rôle dans le décodage de la *localisation* du son dans l'espace.
- 3 Envoi vers le **thalamus** : travail d'intégration des différents messages sensoriels, avec préparation d'une réponse (vocale, par exemple).
- 4 Enfin, envoi de plusieurs relais nerveux vers le **cortex auditif** (primaire et secondaire) du lobe temporal. Le message auditif est ici décodé, mémorisé et interprété.

B

Manuel enseignement scientifique
1^{ère} édition Didier 2019

Bilan : Les messages nerveux produits par les cellules ciliées sont acheminés jusqu'au cerveau grâce aux nerfs sensoriels auditifs. Ils arrivent alors au niveau des aires cérébrales auditives situées dans le lobe temporal. Le cortex primaire auditif intervient alors dans la reconnaissance de la fréquence sonore et le cortex auditif secondaire et d'autres aires associées sont impliquées dans l'apprentissage et la reconnaissance de l'univers sonore (mots, musiques, tonalités).

Compétences travaillées : décrire, réaliser, s'informer

TICE : utilisation du logiciel Eduanatomist2



➤ **3) Comment le son peut-il mettre en danger nos oreilles?**

Tâche réalisée : Etude de documents pour :

- repérer les différents niveaux de danger du son suivant les dB
- Montrer la fragilité des cellules ciliées et l'irréversibilité des dégâts

Bilan : L'oreille est un organe fragile. En effet, des sons trop puissants peuvent détruire les cils des cellules ciliées. Cela provoque alors un affaiblissement de l'audition et l'apparition de bruits permanents (les acouphènes). Cette perte d'audition est irréversible, il faut alors avoir recours à une aide auditive pour compenser la perte.

Compétences travaillées : s'informer, raisonner.



4.4 - Entendre la musique

L'air qui vibre n'est musique que parce que notre oreille l'entend et que notre cerveau la perçoit comme telle. Mais l'excès de sons, même s'il est musical, est une forme de perturbation de l'environnement.

Savoirs	Savoir-faire
L'oreille externe canalise les sons du milieu extérieur vers le tympan. Cette membrane vibrante transmet ces vibrations jusqu'à l'oreille interne par l'intermédiaire de l'oreille moyenne.	Relier l'organisation de l'oreille externe et de l'oreille moyenne à la réception et la transmission de la vibration sonore.
L'être humain peut percevoir des sons de niveaux d'intensité approximativement compris entre 0 et 120 dB. Les sons audibles par les humains ont des fréquences comprises entre 20 et 20 000 Hz.	
Dans l'oreille interne, des structures cellulaires (cils vibratiles) entrent en résonance avec les vibrations reçues et les traduisent en un message nerveux qui se dirige vers le cerveau. Les cils vibratiles sont fragiles et facilement endommagés par des sons trop intenses. Les dégâts sont alors irréversibles et peuvent causer une surdité.	Relier la structure des cellules ciliées à la perception du son et à la fragilité du système auditif. Relier l'intensité du son au risque encouru par l'oreille interne.



BILAN DE LA SEQUENCE

Tâche finale réalisée en séance 3 de SVT
= évaluation sommative

“Sachant qu’avec une seule guitare, on obtient un niveau d’intensité sonore de 70 dB à 3 m, répondre à la problématique* de la séquence en argumentant à l’aide de toutes les connaissances acquises dans les différentes matières”.

**Lors d’un concert, plusieurs guitares jouent simultanément : cela peut-il mettre en danger l’oreille humaine ?*



Production élève attendue :

Réponse synthétique à réaliser à l'oral pour travailler la compétence « communiquer » et préparer le grand oral de Terminale.

Cette réponse sera réalisée sous forme d'un enregistrement en utilisant le logiciel Audacity.

Les séances 3 et 4 de physique-chimie et de mathématiques seront consacrées aux parties « la musique ou l'art de faire entendre les nombres » et « le son, une information à coder ».

En SVT, la séance 4 sur le son n'existe pas. La séance suivante de SVT sera consacrée au début du thème « le Soleil ».