



# SONS

## Dossier pédagogique

Enseignants  
Niveau lycée



# 1) Liens avec le programme scolaire

## Programme d'enseignement d'éducation musicale en collège

### Domaine du timbre et de l'espace :

- Bruit ou musique ?
- Le registre, la hauteur
- L'enveloppe du son : attaque (plus particulièrement), entretien, chute
- La richesse harmonique (le spectre)
- La densité sonore (du soliste à la formation chœur et orchestre et à la musique mixte)
- La qualité de la texture

## Programme d'enseignement d'exploration 2<sup>de</sup> : MPS

### Science et œuvre d'art, arts musicaux :

- Nature et analyse des sons
- Instruments de musique, voix
- Composition musicale (gammes, harmonie...)

## Programme de sciences physiques Terminale S

### Ondes et matière, caractéristiques des ondes :

- Ondes progressives périodiques, ondes sinusoïdales
- Ondes sonores et ultrasonores
- Analyse spectrale : hauteur et timbre

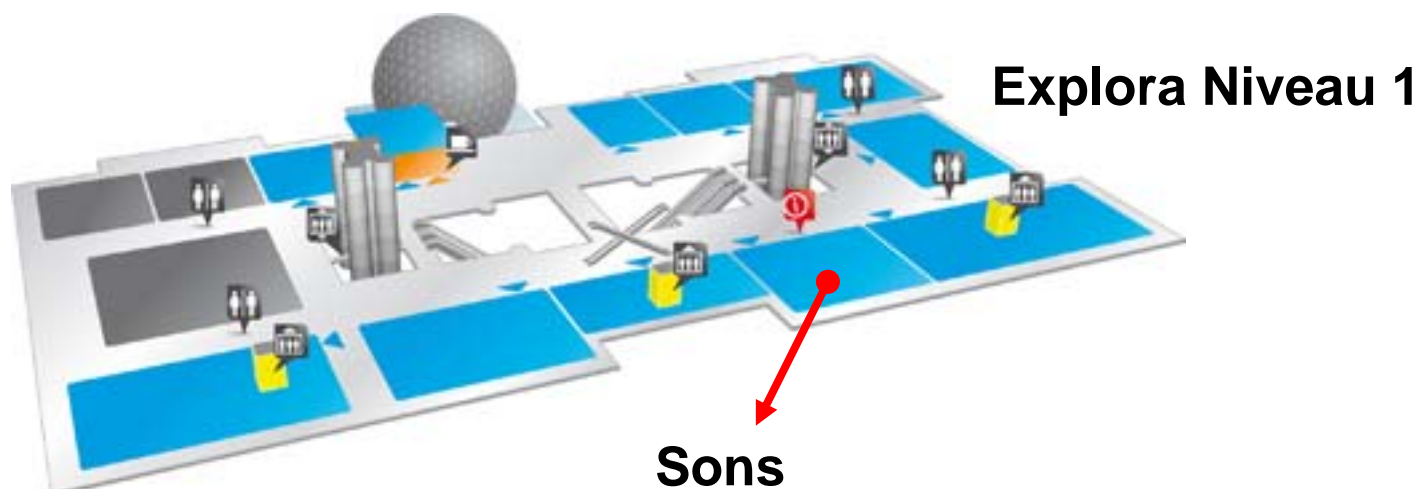
## Programme d'enseignement de spécialité sciences physiques Terminale S

### Son et musique :

- Instruments à cordes, à vent, à percussion
- Instruments électroniques
- Acoustique musicale, gammes, harmonies
- Traitement du son
- Voix, acoustique physiologique
- Reconnaissance vocale
- Auditorium, salle sourde
- Isolation phonique, acoustique active, réverbération

## 2) Présentation de l'exposition

L'exposition permanente **Sons** se situe sur Explora au niveau 1.

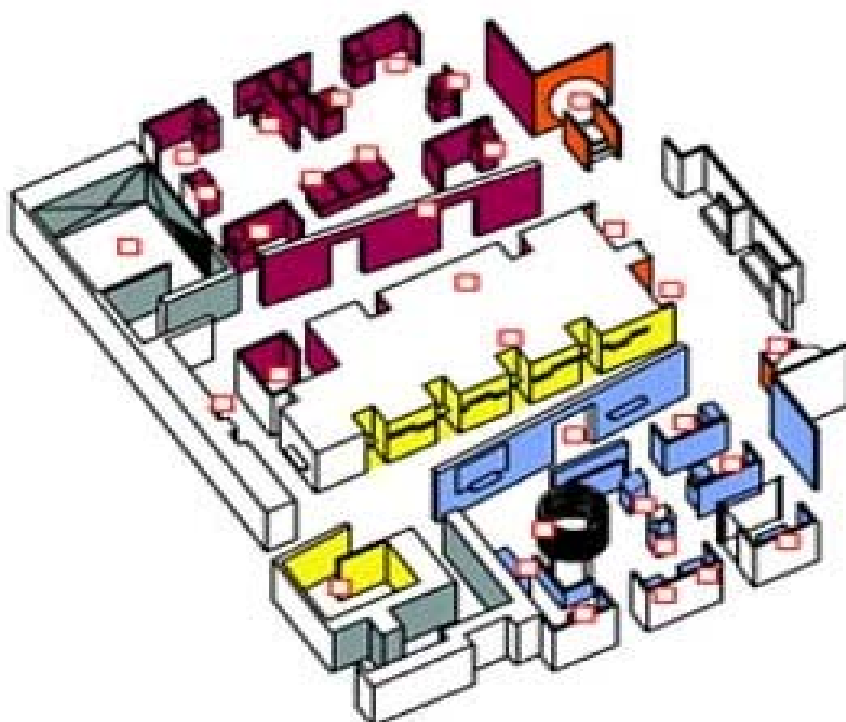


L'exposition **Sons** vous invite à exercer votre capacité d'écoute, à identifier les sons qui vous environnent, à comprendre leur nature physique, à expérimenter les nouvelles technologies et à jouer avec le son musical.

La scénographie, volontairement dépouillée, laisse la place à l'écoute. L'entrée se fait par le Passage du silence, "chambre sourde" qui permet de percevoir les effets de l'absorption du son. Au centre de l'exposition, les deux versants de notre communication sonore : la voix et l'oreille. Tout autour, le son, phénomène physique et Planète des sons, quelques propositions sonores, quelques histoires à entendre...

L'exposition est construite autour de quatre grands thèmes identifiables sur le plan ci-dessous par les couleurs :

Orange	environnement sonore
Bleu	la physique du son
Rouge	la communication à distance
Violet	la parole, l'audition et le son musical



## Les éléments à découvrir de l'espace : environnement sonore

- **Paysage sonore** : un spectacle multimédia sensibilise aux ambiances sonores de 4 sites parisiens et de 4 sites du Haut Jura
- **Collection de sons** : à écouter dans des alcôves, des sons, parfois inhabituels ou inaudibles, modifiés par la technique ou issus du design sonore.

## Les éléments à découvrir de l'espace : physique du son

Le son se propage dans l'air, l'eau ou les solides sous forme d'ondes. Sa vitesse de propagation augmente avec la densité du milieu. La fréquence du son est le nombre d'oscillations de l'onde par seconde. Plus ce nombre est grand, plus le son semble aigu. Pur ou complexe, harmonique ou non, chaque son a son identité tonale. Son intensité se mesure sur une échelle en rapport avec nos sensations.

- **Propagation du son** : un dispositif illustre la propagation de l'onde.
- **Longueur d'onde** : un oscilloscope mesure la longueur d'onde de 3 sons purs.
- **Silence né du vide** : expérience montrant que le son ne se propage pas en l'absence de matière.
- **Vitesse du son** : un dispositif met en évidence le temps nécessaire à un son pour parcourir une certaine distance.
- **Résonance** : des cordes de piano peuvent être excitées par la voix.
- **Vues du son** : un logiciel de l'Ircam analyse et visualise toutes les fréquences qui composent un son.
- **Décibel chantant** : la mesure de l'intensité d'un son varie selon une échelle logarithmique.

Présentation du comportement des ondes sonores dans l'environnement, de l'acoustique appliquée et des moyens d'action sur le bruit : face à un obstacle, les ondes sonores sont réfléchies ou absorbées. L'acousticien s'intéresse à ces phénomènes et travaille aussi à réduire le bruit.

- **Où suis-je ?** : l'oreille peut appréhender le volume et la forme d'un espace.
- **Silence né du bruit** : testez les systèmes actifs "anti bruit", signaux en opposition de phase émis par un casque.
- **Se protéger du bruit** : trouvez les solutions appropriées pour insonoriser différents appartements (multimédia).
- **Prévisions acoustiques** : tentez d'atténuer le bruit d'une autoroute tout en respectant le paysage et les impératifs financiers (multimédia).

## Les éléments à découvrir de l'espace : la communication à distance

Les êtres vivants utilisent les sons pour se transmettre des informations à distance.

**Parabole à sons** : dialoguez en chuchotant à 17 m de distance

**10000 façons de communiquer** : découvrez les modes de communication chez l'animal et l'homme, et les techniques d'enregistrement, de transport, de diffusion et de conservation du son (audiovisuel).

## Les éléments à découvrir de l'espace : la parole, l'audition et le son musical

En fonction de notre propre langue, nous ne distinguons qu'une partie des diverses sonorités des langues du monde. Toutes utilisent un système de sons élémentaires, les phonèmes.

**Langues à tons** : écoutez des sonorités choisies parmi 21 langues et faites un exercice d'écoute de 3 langues tonales.

**Carte des voyelles** : tentez de discerner 26 voyelles.

Visualisée, modélisée, la plasticité du conduit vocal humain se révèle. Parole et chant lui doivent une variété d'expression.

**Exploration de la voix** (audiovisuels) : visualisez le comportement des cordes vocales quand la voix est chantée et parlée ; des techniques vocales sont expliquées.

**Produire la parole** (multimédia) : modifiez certains paramètres articulatoires (forme des lèvres, position de la langue, abaissement de la mâchoire) pour produire des voyelles.

### 3) Conseils pour la visite

Une grande partie de l'exposition est constituée d'installations où il est préférable d'être seul ou par petits groupes de 2 ou 3 élèves pour une visite confortable. Le document dédié aux élèves peut être rempli librement, dans un ordre aléatoire, ce qui évitera un engorgement autour d'une même installation.

Comptez 1h à 1h30 de visite, pour laisser aux élèves le temps de visiter en autonomie puis de se concentrer sur le questionnaire. Les élèves peuvent trouver toutes les réponses dans l'exposition.

Les parties du parcours, assez long, peuvent être divisées et partagées entre les élèves. La restitution à l'ensemble de la classe pourra se faire en cours.

## 4) Pour compléter votre visite

### Les exposés et ateliers :

Les exposés ou les ateliers sont animés par un médiateur scientifique de la Cité des sciences et de l'industrie. Ils sont accessibles à tous à condition de les avoir réservés au préalable au service de réservation des groupes en préparant votre visite. Toutes les séances durent environ 45 minutes.

#### ➤ Illusions sonores

- Niveau : de la 4<sup>e</sup> à la Terminale

- Objectifs :

Découvrir des illusions sensorielles moins connues que les illusions d'optique et leur application dans les domaines du bruitage et de la musique

Comprendre au travers de ces étonnantes illusions les bases de l'acoustique et de la perception auditive



- Déroulement :

Le médiateur fera découvrir aux élèves différents types d'illusions sonores (atelier d'écoute). Il pourra également être amené à faire produire des sons aux élèves eux-mêmes. En fonction du niveau de la classe, une analyse des phénomènes en jeu (production et propagation du son, physiologie de l'oreille et perception) sera proposée ainsi qu'une découverte de l'utilisation de ces phénomènes par les compositeurs de musique.

## Les vidéos d'Universcience TV :

### ➤ **Sur le thème de la voix :**

Quelques vidéos sont répertoriées dans le thème Art et science, consultables en utilisant le lien ci-dessous :

[http://www.universcience.tv/recherche.html?categories\[\]=162&hasKeyword=la+voix](http://www.universcience.tv/recherche.html?categories[]=162&hasKeyword=la+voix)

### ➤ **Sur le thème du son :**

Quelques vidéos sont répertoriées dans le thème Mathématiques - Physiques - Chimie, consultables en utilisant le lien ci-dessous :

[http://www.universcience.tv/recherche.html?hasKeyword=son&publication\[month\]=&publication\[year\]=&expiration\[month\]=&expiration\[year\]=&metafields\[middle\\_high\\_school\]=1&categories\[\]=17](http://www.universcience.tv/recherche.html?hasKeyword=son&publication[month]=&publication[year]=&expiration[month]=&expiration[year]=&metafields[middle_high_school]=1&categories[]=17)



## 5) Corrigé du parcours proposé aux élèves

Entrez par l'accès principal et parcourez l'espace :

### 1- passage du silence



Exposition Sons© CSI

- ▶ Ressentez-vous que l'environnement est différent ?
- ▶ Parlez entre vous, sifflez, chantez...

**Le son est sourd et étouffé car :**

- les parois absorbent mieux le son
- les parois réfléchissent mieux le son

Sortez du couloir, tournez tout de suite à droite.

## Découvrez l'espace : physique du son

Dirigez-vous vers l'installation :

### 2- propagation du son



Exposition Sons© CSI

- ▶ Faites fonctionner la maquette qui modélise la propagation du son dans l'air.

Que représentent les tiges dans la maquette ? *Les tiges représentent les molécules contenues dans l'air*

Remettez dans l'ordre les phrases suivantes en les numérotant :

2	l'air se dilate ensuite pour reprendre son volume initial et comprime l'air situé à côté et ainsi de suite
3	l'onde se propage ainsi de proche en proche
1	l'air situé à côté de la source est comprimé

Expliquez pourquoi le son est inaudible dans le vide : *Si c'est le vide, alors il n'y a aucune molécule, aucun atome qui permet à l'onde sonore de se propager de proche en proche.*

Dirigez-vous vers l'installation :

### 3- vitesse du son

- ▶ Parlez fort devant le tuyau et écoutez-vous à l'autre extrémité.

Vous entendez le son émis et il vous parvient :

- transformé
- retardé
- ralenti



- ▶ Renouvelez l'expérience et lisez le temps mesuré par le chronomètre.

Le son met **0,5** secondes pour parcourir les **170** mètres du tuyau. La vitesse du son dans l'air est donc de **340** m/s.

Dans quelle matière le son se propage-t-il le plus vite ? Justifiez votre réponse :

- dans l'eau                       dans l'air                       dans le métal

*Plus la matière est dense, meilleure sera la propagation.*

**Dirigez-vous vers l'installation :**

#### **4- décibel chantant**

- ▶ Ecoutez le son émis par 1 piano, 10 pianos, ..... 100 000 pianos.

Quelle information sur le son nous donne une valeur en décibels ? *Une valeur en décibels nous informe sur l'intensité du son, plus la valeur est élevée plus le son est fort.*

L'échelle des décibels est-elle proportionnelle au nombre de sources sonores ?

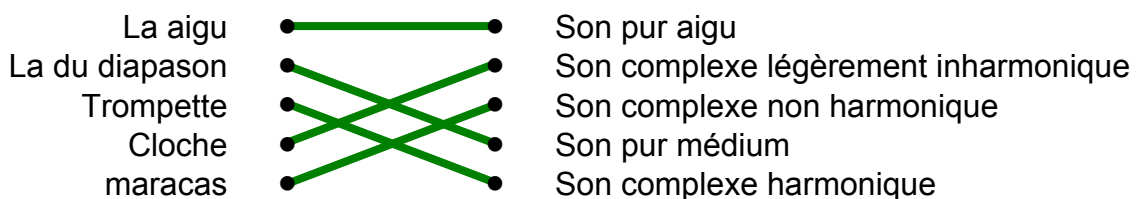
Pourquoi ? *L'échelle des décibels n'est pas proportionnelle. En effet, si on double une source sonore, on ne double pas l'intensité, celle-ci augmente seulement de 23 %.*

**Dirigez-vous vers l'installation :**

#### **5- vues du son (oscilloscope et logiciel)**

- ▶ Ecoutez tous les types de sons proposés.
- ▶ Sur les deux écrans (sonagrammes en haut et oscillogrammes en bas), visualisez les composantes de chaque son.

**Associez pour chacun de ces sons leurs caractéristiques**



- ▶ Parlez, chantez devant le micro.

**Dirigez-vous vers l'installation :**

#### **6- silence né du vide**

- ▶ Maintenez appuyé le bouton qui permet d'actionner la sonnerie électrique et la pompe aspirante pour obtenir le vide (ou quasiment) dans la cloche.

**Que se passe-t-il ?**

- Le réveil a terminé sa sonnerie, tout simplement
- Le son ne peut se propager que s'il y a de la matière comme l'air
- Dans le vide, le son se transforme en lumière

**Dirigez-vous vers l'installation :**

**7- silence né du bruit**

- ▶ Ecoutez chaque bruit proposé des trois façons suivantes : sans casque, avec casque, avec casque et contrôle actif (bouton appuyé).

**Quel est, selon vous, le bruit le mieux atténué par le contrôle actif du casque ? .....**

.....

**Quel est le principe du contrôle actif du bruit ?**

- Le casque émet un souffle d'air qui assourdit le bruit extérieur
- Un mécanisme introduit alors une couche de feutrine dans la coque
- Le casque émet un anti-bruit, opposé au bruit extérieur, ce qui permet de l'atténuer

**Découvrez l'espace :  
environnement sonore**



Exposition Sons © CSI/CHIVET Sophie

**Dirigez-vous vers l'installation :**

**8- dynamique du son**

- ▶ Essayez les sons proposés en les diffusant au ralenti, en accéléré et à l'envers.

**Lorsque le son de la cloche est diffusé au ralenti, il paraît :**

- plus grave
- plus aigu
- plus rapide
- plus lent

**Dirigez-vous vers l'installation :**

**9- design sonore**

- ▶ Ecoutez « Peut-on dessiner le son d'une voiture ? » puis « Depuis quand existe-t-il ? » puis « Comment le design d'un son est-il conçu ? »

**Quelle industrie a développé en premier le concept de design sonore ?**

- l'industrie aéronautique
- l'industrie du cinéma
- l'industrie automobile

Quel est l'intérêt de travailler sur le son émis par le claquement d'une portière ? .....  
*Il s'agit de faire croire au client que la voiture est solide.*

Quel est le rôle d'un bruiteur de cinéma ? *Son rôle est de créer des bruits d'objets, d'ambiance ou de les amplifier pour qu'ils créent plus d'émotions (peur, suspens,...)*

Que pensez-vous du signal sonore choisi par la SNCF ? .....  
.....  
.....

## Découvrez l'espace : la communication à distance

**Dirigez-vous vers l'installation :**  
**10- paraboles à sons**



Exposition « Sons » © CSI

▶ **A deux**, chacun se place face à une des deux paraboles. Chuchotez à l'autre un secret, lui seul l'entendra. Vous n'y croyez pas ? Alors essayez !

**Quelle forme doit avoir la surface de réflexion pour observer ce phénomène ?**

- concave                       plane                       convexe

**A Paris, dans quel endroit peut-on observer le même phénomène ?**

- A certains endroits sous la Tour Eiffel  
 Exactement en haut de la grande roue des Tuileries  
 Dans le métro, lorsque la voûte est elliptique



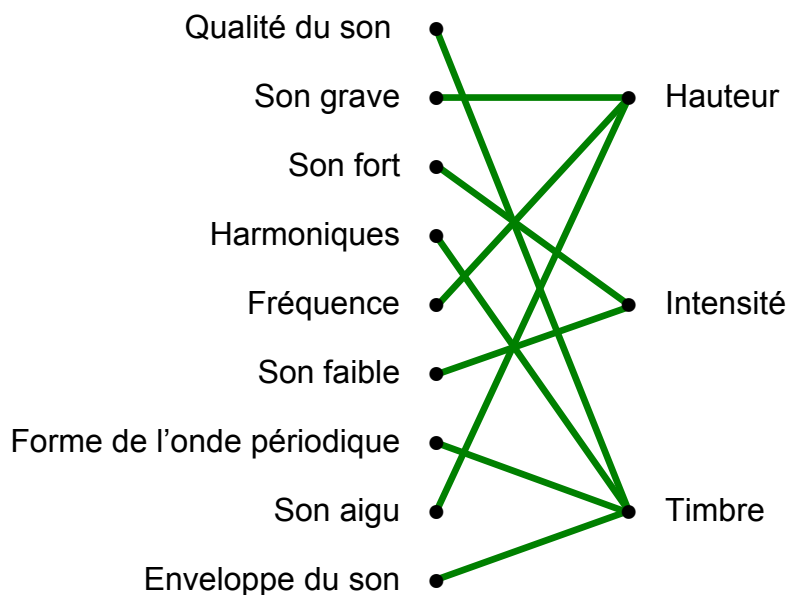
Expo « Sons » © breton-eppdcsi

## Découvrez l'espace : parole, audition et son musical

**Dirigez-vous vers l'installation :**  
**11- reconstruire un son**

▶ Choisissez : « le son musical » puis « son musical ».

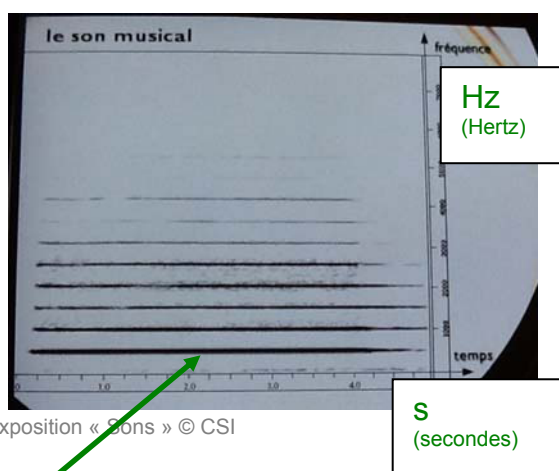
Associez les expressions suivantes à une caractéristique du son :



Quelle est la gamme de fréquences audibles par l'oreille humaine ? *L'oreille humaine entend des sons entre 20 Hz et 20 000 Hz.*

► Choisissez : « le son musical » puis « décomposition de Fourier » et « lire un sonagramme ».

H  
A  
R  
M  
O  
N  
I  
Q  
U  
E  
S



Complétez, légendez sur la photo ci-contre :

- les unités des grandeurs physiques de chaque axe
- la fondamentale
- les harmoniques

Complétez la phrase suivante :

La fondamentale détermine la *hauteur* du son perçu. Les harmoniques sont *des multiples* de la fondamentale. Plus les harmoniques sont épaisses et sombres, plus leur son perçu est *fort*.

Dirigez-vous vers l'installation :

### 12- Atelier instrumental

- Appuyez sur « début » puis 2 fois sur « valider » pour passer le film d'introduction.
- Choisissez : « *visite guidée des familles d'instruments* » puis « *Cordes* » puis « *Qualité du son produit* » puis « *Taille et nature des cordes* ».

Quelles sont les caractéristiques de la corde qui ont un effet sur la hauteur du son émis ?

- sa tension     sa couleur     sa longueur     sa section (son épaisseur)

Pour avoir une note plus aiguë, il faut :

- une corde plus courte     une corde plus tendue     une corde plus épaisse

**Dirigez-vous vers l'installation :**  
**13- illusions auditives**

▶ Choisissez : « *Son montant indéfiniment* ».

**Quelle est l'astuce derrière cette impression d'ascension infinie ?**

- L'ascension couvre continuellement toutes les fréquences audibles.
- Le stock de sons est renouvelé en remplaçant continuellement la composante la plus aigue par une composante grave qui monte peu à peu.



Exposition Sons © CSI/CHIVET Sophie

**Dirigez-vous vers l'installation :**  
**15- territoire de l'oreille**

- ▶ Testez votre oreille
- ▶ Appuyez « *suite* ».



**A quoi correspondent ces zones de fréquences ?**

250 Hz – 5000 Hz : *Zone de fréquence d'émission de la voix*

20 Hz – 20 000 Hz : *Zone de fréquences audibles par l'oreille humaine*

**Quel est, approximativement, en décibel (dB), le domaine de perception en intensité chez l'homme ?**

.....0 dB..... < Domaine de perception < .....130 dB.....

**A combien de décibels se situe le seuil de la douleur ? 130 dB**

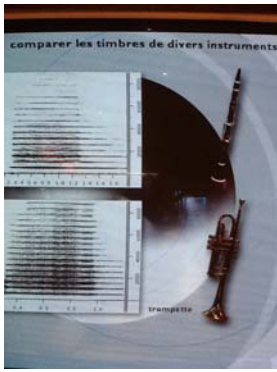
▶ Choisissez : « *pour en savoir plus* » puis « *nuisances sonores* »

**Quels facteurs peuvent entraîner une perte d'audition ?**

- L'exposition brève à un bruit particulièrement fort
- L'exposition régulière aux bruits de fonds citadins
- L'exposition régulière à la musique dans les casques
- L'exposition répétée à un bruit élevé comme des concerts de musique amplifiée
- La vieillesse

**Dirigez-vous vers l'installation :**  
**14- exploration du timbre**

- ▶ Appuyez 2 fois sur « *valider* » pour passer le film d'introduction.
- ▶ Choisissez : « *comparer* » puis « *richesse spectrale* ».



Exposition « Sons » © CSI

Quel est l'instrument qui a le son le plus riche ?

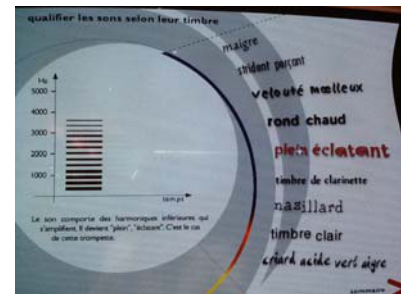
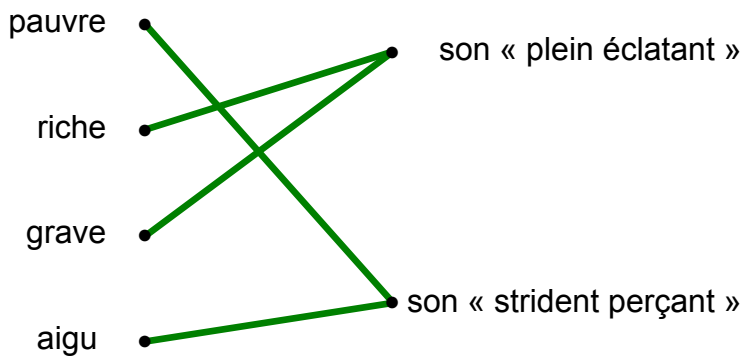
- la clarinette
- la trompette

Justifiez votre réponse : *Le son de la trompette possède un plus grand nombre d'harmoniques.*

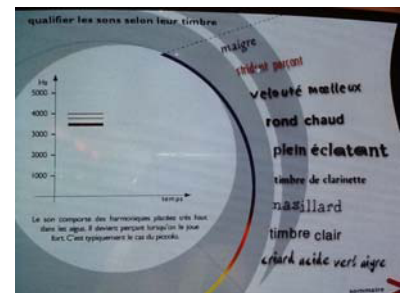
► Choisissez : « qualifier ».

Quel instrument émet un son qualifié de « nasillard » ? *Le schenai, hautbois indien.*

Associez les caractéristiques aux sons notés ci-dessous que vous aurez écoutés :



Exposition « Sons » © CSI



Exposition « Sons » © CSI

**Synthèse, complétez la phrase suivante :**

***Si besoin, retournez vers la parabole du côté de l'espace physique son et aidez-vous du tableau qui synthétise quelques notions !***

Le son est une *vibration*, il se propage sous forme *d'onde* dans un milieu matériel à une certaine *vitesse*. Dans le *vide*, il ne se passe rien. En rencontrant un obstacle, les ondes sonores sont *absorbées* ou *réfléchies*.

Plus la *fréquence* du son est élevée, plus le son est aigu. L'intensité du son se mesure en *décibels (dB)*. Le *timbre* d'un son lui donne son identité et renseigne sur sa qualité.

## 6) Informations pratiques

### ➤ Adresse :

Cité des sciences et de l'industrie  
30, avenue Corentin Cariou  
75019 PARIS  
<http://www.cite-sciences.fr>

### ➤ Accès

Métro ligne 7 : Porte de la Villette  
Bus : 139, 150, 152  
Tram T3b : Porte de la Villette

### ➤ Horaires d'ouverture

Du mardi au samedi de 10 h à 18 h, le dimanche de 10 h à 19 h, accès à la billetterie et aux vestiaires à partir de 9 h 30.  
Fermeture le lundi, les 1<sup>er</sup> janvier, 1<sup>er</sup> mai, 14 juillet.

### ➤ Tarifs (par élève)

A partir de 4,50 euros. Ce tarif vous donne droit à la réservation d'une ou deux animations par élève maximum selon la période de l'année.

### ➤ Réservations en contactant le bureau des groupes

- par téléphone :  
01 40 05 12 12 du lundi au vendredi, de 9 h 30 à 17 h 30.

- par courrier :  
Cité des sciences et de l'industrie  
Service groupes  
30, avenue Corentin Cariou  
75 930 Paris cedex 19

- par fax :  
01 40 05 81 90

- par courriel  
[resagroupescite@universcience.fr](mailto:resagroupescite@universcience.fr)

Dossier réalisé par le Département Education de la Cité des sciences et de l'industrie  
Mai 2014  
Crédit des images : EPPDCSI