

Les instruments électroniques

Document 1 : rappels et compléments

Rappeler les 4 caractéristiques du son émis par instrument de musique et leur correspondance en termes de notion ou de grandeur physique.

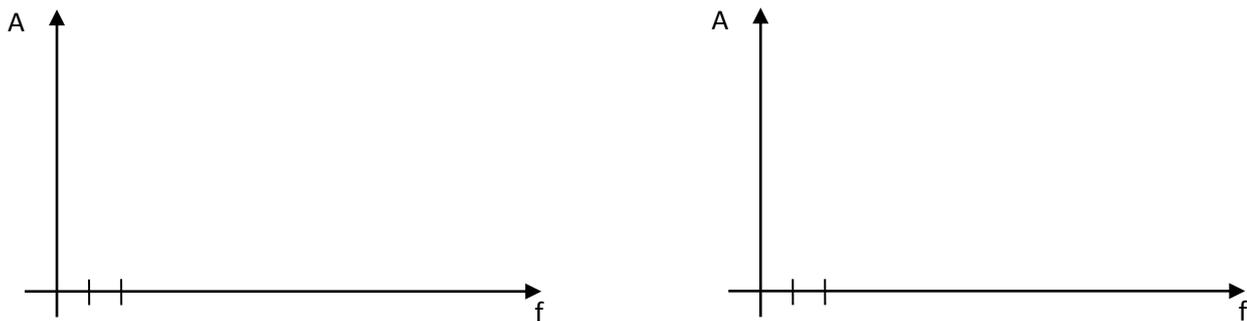
Quelle caractéristique permet de distinguer la même note jouée par un piano et par une guitare (ou clavecin) ?

De façon théorique, l'amplitude de l'harmonique n° n du son issu d'une corde frappée est proportionnelle à $1/n$ tandis que l'amplitude de l'harmonique n° n du son issu d'une corde pincée est proportionnelle à $1/n^2$.

En prenant comme amplitude 100 pour le premier harmonique (ou fondamental), calculer les amplitudes des 10 premiers harmoniques pour la son issu d'un piano idéal et pour le son issu d'une guitare idéal. Compléter le tableau suivant :

Harmonique n°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Amplitude de l'harmonique provenant du son d'un piano idéal ou d'un instrument à vent ouvert aux deux extrémités	100									
Amplitude de l'harmonique provenant du son d'une guitare idéale	100									

Dessiner les spectres théoriques correspondant pour une note par exemple à 250 Hz :



Appeler le professeur pour correction et notation

Document 2 : rôle et principe d'un instrument électronique

Un instrument électronique crée un son à partir de la vibration mécanique de la membrane d'un ou plusieurs haut-parleur(s) qui reproduit(sent) fidèlement les variations du(des) signal(aux) électrique(s) au(x)quel(s) il(s) est(sont) soumis. Ecrire ainsi une chaîne de signaux, depuis la source au son pour un instrument électronique et utilisant les termes « signal sonore » (mécanique microscopique), « signal mécanique macroscopique », « signal électrique » :

Or, les signaux électriques qui sont facilement réalisables électroniquement sont les signaux sinusoïdaux dont on peut faire varier aisément la fréquence et/ou l'amplitude. Rappeler ce qu'est un signal sinusoïdal et pourquoi ce genre de signal est important en acoustique.

On peut facilement sommer des signaux électriques sinusoïdaux pour obtenir un signal global dit « synthétisé » que les **synthétiseurs** envoient à leurs haut-parleurs. C'est le principe d'un instrument de musique électronique.

Ouvrir internet à la page suivante :

http://www.sciences.univ-nantes.fr/sites/genevieve_tulloue/Ondes/general/synthese.html

C'est la simulation d'un synthétiseur : vous pouvez envoyer au haut-parleur du casque audio une somme de signaux sinusoïdaux avec des amplitudes variables.

Synthétiser le son *mimant le son théorique* d'une touche de piano jouant un la3 (440 Hz). Ecouter.

Puis synthétiser le son *mimant le son théorique* d'une touche de clavecin jouant un la3 ? Ecouter.

Critiquer les sons obtenus par cette modélisation.

Document 3 : la très grande importance des « transitoires »

Dans les documents 1 et 2, on a étudié le son des instruments « théoriquement » uniquement lorsqu'il s'est établi. Or...

Un son musical ne s'établit et ne s'éteint pas instantanément. On appelle « transitoires » les phénomènes acoustiques qui apparaissent lors de l'établissement et de l'extinction des sons. On ne peut reconnaître un timbre que par ses transitoires d'attaque et d'extinction, dont les rôles ont été prouvés à l'aide d'expériences menées par des acousticiens (le spectre est en général beaucoup plus riche par exemple lors de l'attaque). Les transitoires d'attaque et d'extinction sont directement liés aux modes d'excitation de l'instrument. Dans le cas des instruments à cordes, il s'agit du frottement de l'archet sur les cordes. Si on enregistre une note de flûte d'une durée de 10 millisecondes, que l'on ne garde que le transitoire d'attaque (c'est-à-dire le souffle) et que l'on « colle » celui-ci à une note de violoncelle d'une durée de 60 millisecondes coupée de son propre transitoire d'attaque, l'auditeur subit une chimère acoustique : il ne perçoit qu'un son de flûte !

Le transitoire d'extinction paraît plus important encore que le transitoire d'attaque : si on enregistre un son de piano et que l'on monte le niveau d'enregistrement à mesure qu'il s'éteint afin d'obtenir une intensité constante pendant un certain temps, aucun sujet, même musicien, n'est capable d'identifier le timbre s'il n'entend pas l'extinction du son.

Les transitoires constituent la signature du timbre ; ils représentent la seule possibilité pour l'auditeur de différencier des sons de même hauteur et de même intensité, dont le spectre est identique mais dont les transitoires diffèrent (par exemple une flûte, un violon et un piano).

Berlioz a eu l'intuition de ces phénomènes : dans la *Symphonie fantastique*, il fait surgir à plusieurs reprises un instrument soliste d'un tutti d'orchestre. N'ayant pas entendu le transitoire d'attaque de l'instrument, l'auditeur éprouve de la difficulté à identifier son timbre (il est conseillé aux amateurs de musique du XIX^{ème} siècle d'aller écouter la Symphonie fantastique pour être convaincu de ce phénomène).

NB : Les variables psychophysologiques comptent peut-être autant que les variables physiques.

D'après le site http://www.detambel.com/ff/index.php?sp=liv&livre_id=453

A Partir du document 3, enrichir la réflexion menée lors de la critique des sons obtenus précédemment après le document 2.

Document 4 : tuyau ouvert, tuyau fermé

On dispose d'un premier tuyau, ouvert aux deux extrémités de longueur L émettant un son de fréquence f .

On dispose d'un deuxième tuyau, ouvert à une extrémité et fermé à l'autre de longueur $L' = L/2$. Il émet une fréquence f' (en fait il s'agit du même tuyau qu'on a fermé en son centre).

Ces deux tuyaux ont la particularité de jouer la même note (donc la hauteur du son émis est la même) mais le timbre des deux instruments est tout à fait différent.

Rappel : à une extrémité ouverte, pour les modes propres des tuyaux sonores, on trouve un ventre de vitesse et un nœud de pression et vice-et-versa pour une extrémité fermée.

Après avoir fait un dessin avec une échelle relative correcte du premier mode propre de chacun des deux tuyaux, montrer qu'ils émettent un son de même fréquence f .

Quelle différence majeure va donc apparaître entre les deux sons émis ? Pourquoi ?

Copier sur le bureau de l'ordinateur le dossier « enregistrement sons » qui se trouve dans physique/Term spé (le dossier physique est sur le bureau normalement), ouvrir ce dossier sur le bureau et ouvrir le fichier Audacity correspondant au tuyau n°1 (ou tuyau fermé c'est-à-dire tuyau ouvert à une extrémité et fermé à l'autre). Ecouter le son et visualiser le signal sonore. Pour les questions suivantes, s'assurer que vous savez bien justifier rapidement et noter la méthode le cas échéant.

Montrer par l'étude du signal sonore que le son ne garde pas la même amplitude.

Montrer par l'étude du signal sonore qu'il s'agit bien d'un son.

Déterminer la période du son à partir du signal sonore de manière scientifique.

Puis prendre le spectre sur une partie du signal où l'amplitude sonore est relativement constante. Observer en relevant sur feuille les harmoniques présents et leurs amplitudes en dB (remarque : l'amplitude est négative, cela signifie simplement qu'elle est moins importante que celle du son résultant, on s'arrêtera dès que l'amplitude devient plus faible de 70dB *par rapport au fondamental* car alors elle est pratiquement inexistante). Rester avec une fréquence d'échantillonnage de 1024 (ou 2048 éventuellement).

Puis faire de même avec le tuyau numéro 2 (ou tuyau ouvert c'est-à-dire tuyau ouvert à ses deux extrémités) et noter les similitudes et différences. Interpréter.