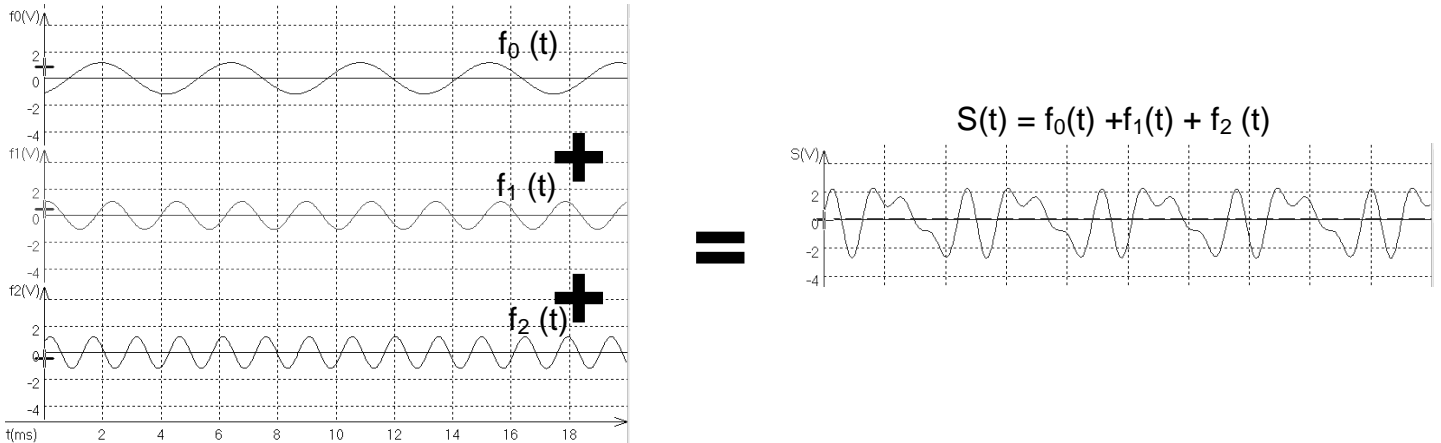


## Analyse de documents scientifiques

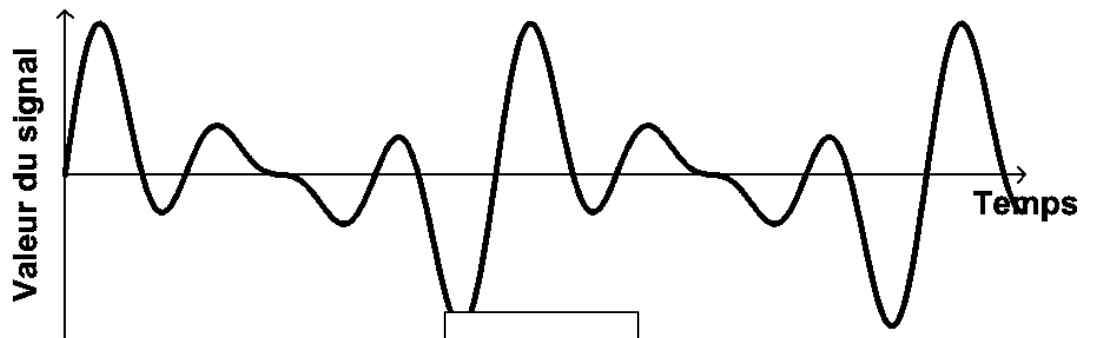
### Document 1. L'analyse spectrale : décomposition de Fourier : (cf. TPP3, chapitre P2)

L'enregistrement d'un son musical avec un micro produit une tension électrique périodique.

Toute fonction périodique résulte de la somme de fonctions sinusoïdales.



L'analyse spectrale d'un son repose sur la décomposition de Fourier, elle permet de connaître les fréquences des différentes fonctions sinusoïdales présentes dans un son (appelées harmoniques).

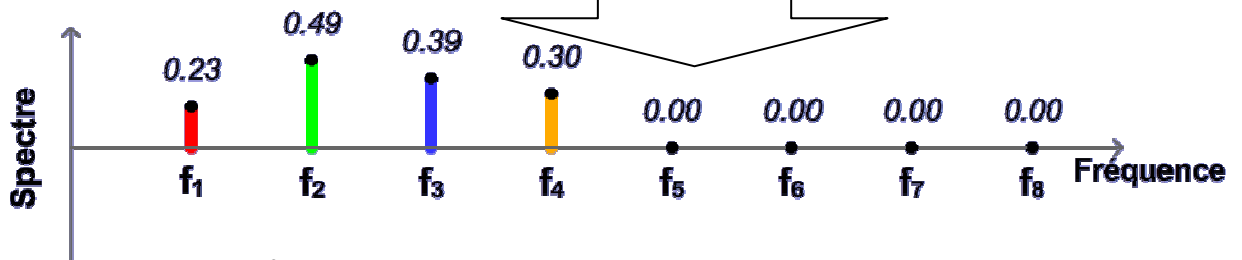


Voir les animations

[http://www.ostralo.net/3\\_animations/swf/harmoniques.swf](http://www.ostralo.net/3_animations/swf/harmoniques.swf)

Analyse spectrale

et <http://acver.fr/fourier>



Le logiciel regressi permet de faire de l'analyse spectrale.

Menu Fenêtre, choisir Fourier.

1

2



1. Cliquer sur Limite, Période.

2. Cliquer sur Tableau pour obtenir les fréquences des différentes harmoniques présentes dans le son.

## Document 2. Le didgeridoo :

La Cité de la musique, à Paris, a consacré au mois de novembre 2005 un cycle à l'Australie, en fait, à une partie septentrionale du pays, le « bout d'en haut », territoire actuel des aborigènes. La vedette en était le didgeridoo, une trompe en bois d'eucalyptus (assez droite), évidée par les termites. Longue de plus d'un mètre, elle est devenue emblématique de ce peuple. Cet instrument de musique, qui pourrait être le plus ancien en activité, est joué en expirant par la bouche et en inspirant par le nez (respiration circulaire). Et il se charge de tout : rythmes et harmonies.

D'après « Le Monde » du 29 novembre 2005.

La technique utilisée pour jouer du didgeridoo est unique en comparaison de celle des autres instruments à vent. Il faut souffler dans le tube, les lèvres desserrées, pour créer un son : le bourdon qui est le son de base du didgeridoo. En jouant avec les joues comprimées et la langue à l'avant de la bouche, un grand nombre de didgeridoo donneront un son comportant une variété d'harmoniques subtiles qui ajoute couleur et richesse à l'effet d'ensemble.

Lorsqu'une onde stationnaire s'établit dans un tuyau sonore, on observe un nœud (N) de vibration à une extrémité si cette extrémité est fermée, et un ventre (V) de vibration si cette extrémité est ouverte.

En simplifiant, on peut représenter le didgeridoo comme un tuyau sonore de longueur  $L$  fermé à une extrémité et ouvert à l'autre.

Pour le mode fondamental de vibration, les positions du ventre et du nœud sont données sur la figure n°1 ci-dessous, schématisant l'amplitude de la vibration sonore.

Un nœud et un ventre consécutifs sont séparés d'un quart de longueur d'onde.



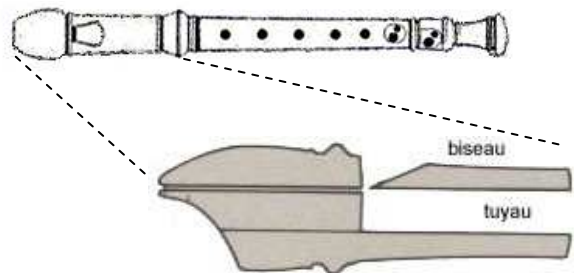
Donnée : célérité du son dans l'air :  $v = 340 \text{ m.s}^{-1}$ .

## Document 3. La flûte à bec



Une flûte à bec est constituée d'un tuyau et d'un bec dans lequel on souffle. L'air ainsi mis en mouvement est alors dirigé contre un biseau. Une partie de l'air est récupérée par le tuyau, l'autre est rejetée vers l'extérieur.

Le musicien, en soufflant dans son instrument peut jouer différentes notes en bouchant ou débouchant des trous répartis le long du tuyau. La longueur de la colonne d'air excitée est ainsi modifiée.



### Questions :

Q1. Montrer que, pour un didgeridoo, la fréquence  $f_1$  du mode fondamental

s'écrit :  $f_1 = \frac{v}{4L}$  où  $v$  est la célérité du son.

Q2. Comparer les amplitudes de vibration sonore au niveau d'un nœud et d'un ventre.

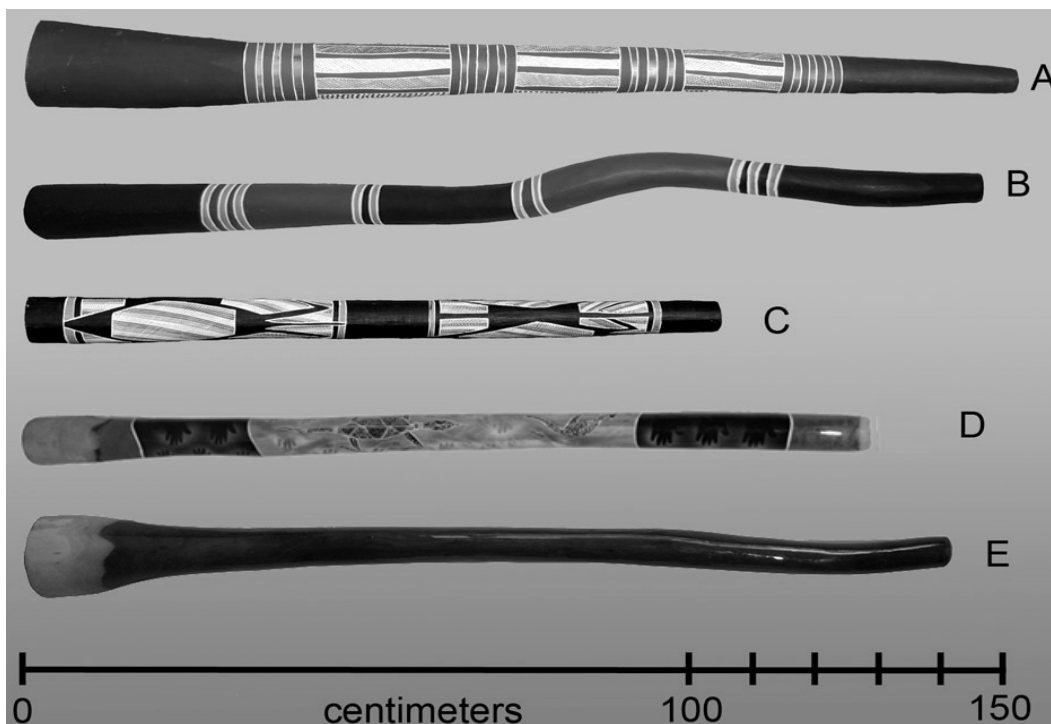
Q3. Comment le flûtiste change-t-il de note ?

Q4. Le joueur de didgeridoo ne peut pas changer la note jouée, comment peut-il enrichir le son de base (appelé bourdon) ? Quelle caractéristique liée au son est alors modifiée ?

## Pratique expérimentale

### Activité 1 : Didgeridoo (30 min)

Objectif : Reconnaître un didgeridoo à partir d'un enregistrement sonore et d'une photo.



Dans **Regressi**, **Fichier>Nouveau>Son**, puis **Ouvrir** "c:\pc\Spé\Didgeridoo.wav". **Jouer** et enfin **Traiter**.

**Q5.** À l'aide des possibilités du logiciel **regressi**, effectuez les mesures nécessaires permettant d'identifier le didgeridoo enregistré. Présenter les résultats et la démarche.

### Activité 2 Flûte (1 h 20 min)

**Influence de la longueur de la colonne d'air d'une flûte sur la fréquence de la note**

**Q6.** Jouer différentes notes de façon à indiquer quelle est l'influence de la longueur de la colonne d'air d'une flûte sur la fréquence de la note. Présenter vos conclusions de façon qualitative.

Afin de trouver une relation quantitative entre ces deux paramètres, on va procéder à davantage de mesures :

#### ➤ Analyse du son produit par le sifflet

Enlever le corps de la flûte afin de ne garder que la partie supérieure nommée sifflet.

À l'aide de l'interface **Orphy** pilotée par le logiciel **GTI**, enregistrer le son produit par le sifflet.

Procéder à l'analyse spectrale du son enregistré.

**Q7.** Noter la fréquence  $f_{s1}$  du fondamental du sifflet.

Répéter une seconde fois cette mesure.

**Q8.** Reporter les mesures dans le tableau ci-dessous et sur le PC du professeur.

Groupe	1 <sup>ère</sup> mesure	2 <sup>ème</sup> mesure
1	$f_{s1} =$	$f_{s1} =$
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		

**Q9.** Que constatez-vous ?

**Q10.** Calculer la moyenne des mesures  $\overline{f_{s1}}$ .

On souhaite établir l'intervalle de confiance de la fréquence du fondamental  $f_{S1} = \overline{f_{S1}} \pm U(f_{S1})$ .  
(La fréquence du fondamental vraie a 95% de chance de se trouver dans cet intervalle).

**Q11.** Présenter la mesure de  $f_{S1}$  sous cette forme  $f_{S1} = \overline{f_{S1}} \pm U(f_{S1})$  sachant que l'incertitude est définie par  $U(f_{S1}) = \frac{2\sigma_{n-1}}{\sqrt{n}}$ , où  $\sigma_{n-1}$  est l'écart-type expérimental et n le nombre de mesures. On ne conserve qu'un seul chiffre significatif pour l'incertitude et on l'arrondit toujours pas excès.

**Q12.** Mesurer la distance  $d_S$  entre le haut du biseau et le bas du sifflet.  
Reporter la mesure dans le tableau ci-dessous et sur l'ordinateur relié au vidéoprojecteur.

Groupe	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$d_{S1}$ (cm)									

**Q13.** Déterminer l'incertitude  $U(d_{S1})$  sur la mesure de la distance  $d_{S1}$ , puis l'intervalle de confiance relatif à cette distance.

➤ **Analyse du son produit en allongeant la colonne d'air**

En bouchant les trous 0, et 1 à 5 on allonge la colonne d'air, la note  $M_i$  est alors produite.

**Q14.** Déterminer l'incertitude sur la fréquence de la note  $M_i$  :  $U(f_{Mi})$

Groupe	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$f_{Mi}$ (Hz)									

**Q15.** Déterminer l'incertitude sur la longueur de la colonne d'air :  $U(d_{Mi})$

Groupe	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$d_{Mi}$ (cm)									

**Exploitation des mesures**      Rappels des calculs précédents :

Moyenne sur $f_{S1}$	$\overline{f_{S1}} =$
Moyenne sur $f_{Mi}$	$\overline{f_{Mi}} =$
Moyenne sur $d_{S1}$	$\overline{d_{S1}} =$
Moyenne sur $d_{Mi}$	$\overline{d_{Mi}} =$
Incertitude sur $f_{Mi}$	$U(f_{Mi}) =$
Incertitude sur $f_{S1}$	$U(f_{S1}) =$
Incertitude sur $d_{S1}$	$U(d_{S1}) =$
Incertitude sur $d_{Mi}$	$U(d_{Mi}) =$

L'exploitation des mesures doit nous conduire, normalement, au résultat suivant :

« **La fréquence du fondamental est inversement proportionnelle à longueur de la colonne d'air** » :  $\overline{f_{Mi}} = k \times \frac{1}{d_{Mi}}$  et  $\overline{f_{S1}} = k \times \frac{1}{d_{S1}}$       alors  $\frac{\overline{f_{Mi}}}{\overline{f_{S1}}} = \frac{\overline{d_{S1}}}{\overline{d_{Mi}}}$

**Q16.** Calculer les rapports  $r_1 = \frac{\overline{f_{Mi}}}{\overline{f_{S1}}}$  et  $r_2 = \frac{\overline{d_{S1}}}{\overline{d_{Mi}}}$ . Comparer ces rapports.

On veut maintenant comparer ces rapports mais en tenant compte des incertitudes calculées précédemment.

L'incertitude  $U(r_1)$  sur le rapport  $r_1$  est définie par  $U(r_1) = r_1 \cdot \sqrt{\left(\frac{U(f_{Mi})}{\overline{f_{Mi}}}\right)^2 + \left(\frac{U(f_{S1})}{\overline{f_{S1}}}\right)^2}$ .

**Q17.** Calculer les incertitudes des deux rapports  $r_1$  et  $r_2$ .

**Q18.** Donner les deux intervalles de confiance associés aux deux rapports. Les comparer.

**Q19.** La fréquence du fondamental est-elle inversement proportionnelle à la longueur de la colonne d'air ?