

ancien programme

Nous avons décidé de modifier la question 5.b. sur le sujet « Amérique du Nord 2006 » dans l'exercice 3 de spécialité « Le didjéridoo, instrument de musique traditionnel ». En effet cette question a suscité un grand nombre de remarques d'élèves et de collègues et nous a amené à une réflexion approfondie sur cette question. Nous souhaitons ici apporter un éclairage sur les raisons de ce choix.

Une fréquence f_n est dite harmonique d'une fréquence fondamentale f_1 si elle en est un multiple entier :

$$f_n = n.f_1 \text{ (relation 1).}$$

n représente le rang de l'harmonique : $n \in \mathbb{N}^*$.

Nous montrons à la question 3. que :

$$f_1 = \frac{v}{4L} \text{ (relation 2).}$$

La célérité v de l'onde est liée à la fréquence du fondamentale par la relation :

$$v = \lambda_1.f_1 \text{ (relation 3).}$$

Dans un milieu non dispersif, la célérité de l'onde ne dépend pas de la fréquence de cette onde. Dans les conditions d'utilisation d'un didjéridoo, l'air est considéré comme étant un milieu non dispersif :

$$v = \lambda_n.f_n \text{ (relation 4).}$$

Ainsi d'après les relations 3 et 4 :

$$\lambda_n.f_n = \lambda_1.f_1$$

En utilisant la relation 2 :

$$\lambda_n.f_n = f_1.4L$$

$$\text{soit } L = \frac{\lambda_n \times f_n}{4 \times f_1}$$

En utilisant la relation 1 :

$$L = \frac{\lambda_n \times n.f_1}{4 \times f_1}$$

Après simplification par f_1 :

$$L = \frac{n}{4}.\lambda_n.$$

À une extrémité ouverte est associé un ventre de vibration et à une extrémité fermée est associé un nœud de vibration.

Par conséquent pour le fondamental $n = 1$, on a un nœud du côté des lèvres de l'instrumentiste puis un ventre à l'extrémité ouverte et l'on a $L = \frac{\lambda_1}{4}$;

Pour l'harmonique de rang 2 : on aurait un nœud du côté des lèvres de l'instrumentiste, un ventre au milieu du tuyau à $\frac{L}{2}$ puis un nœud à l'extrémité ouverte. On aurait $L = \frac{2.\lambda_2}{4}$: cet harmonique est quasi inexistant comme le montre l'analyse fréquentielle donnée par le schéma n°3b.

Pour l'harmonique de rang 3 : on a un nœud du côté des lèvres de l'instrumentiste, puis un ventre à $\frac{L}{3}$, puis un nœud à $\frac{2.L}{3}$ et finalement un ventre à l'extrémité ouverte, ce qui satisfait les conditions aux limites évoquées dans l'énoncé. On a $L = \frac{3.\lambda_3}{4}$: cet harmonique existe avec une amplitude appréciable.

ancien programme

Finalement, si n est impair les conditions aux limites sont respectées (nœud de vibration à l'extrémité fermé et ventre de vibration à l'extrémité ouverte). Si n est pair la condition à l'extrémité ouverte n'est pas respectée ce qui explique la réponse de la question 4.

Initialement l'énoncé proposait à la question 5.b. la réponse : $L = \frac{2n-1}{4} \cdot \lambda_n$ sans proposer la réponse $L = \frac{n}{4} \cdot \lambda_n$:

$$(1) L = \frac{2n-1}{2} \cdot \lambda_n \quad (2) L = \frac{2n-1}{4} \cdot \lambda_n \quad (3) L = \frac{2n+1}{4} \cdot \lambda_n$$

Ceci avait pour avantage de ne laisser apparaître que des valeurs impaires car :

– si $n = 1$ on aurait : $L = \frac{1}{4} \cdot \lambda_1$

– si $n = 2$ on aurait : $L = \frac{3}{4} \cdot \lambda_2$.

– si $n = 3$ on aurait : $L = \frac{5}{4} \cdot \lambda_3$, etc.

Toutefois dans le cas où $n \neq 1$, par exemple $n = 2$: $v = \lambda_2 \cdot f_2$ et $v = 4 \cdot L \cdot f_1$ que nous aurions $4 \cdot L \cdot f_1 = \lambda_2 \cdot f_2$ et $\lambda_2 = \frac{4L}{3}$

Soit finalement $4L \cdot f_1 = \frac{4L}{3} \cdot f_2$ et donc $f_2 = 3 \cdot f_1$, relation qui ne serait plus en adéquation avec la définition donnée pour le rang d'un harmonique $f_n = n \cdot f_1$.

Il nous a donc paru judicieux de modifier l'énoncé afin de rendre cohérente cette dernière question.

Rem. : dans la relation $f_2 = 3 \cdot f_1$, le **2** représente le **second** mode propre de vibration et le **3** le rang de la fréquence harmonique de ce mode propre de vibration.

Quelques documents sur le sujet :

<http://www.benjaminhammond.com/didge/>

http://www.music.mcgill.ca/~benjamin/didge/ben_hammond_didge

BUP Vol 96 Décembre 2002

http://www.udppc.asso.fr/bupdoc/consultation/article-bup.php?ID_fiche=14542