

L'Entomomusicologie ou La Théorie du BZZZ

Le troisième colloque d'Ethnomusicologie eut lieu en Belgique à Wegimont du 7 au 12 septembre 1958 à l'initiative du Cercle International d'Etudes Ethnomusicologiques. Ce colloque s'achevait sur une intervention de Jacques Chailley, ayant pour sujet « Ethnomusicologie et Harmonie Classique ». Dans l'introduction de sa conférence, ce rénovateur de l'enseignement musical, cite François Bacon, qui, dans son *Novum Cantorum*, publié en 1620, jetait les bases de la Science Moderne en faisant remarquer combien il était souhaitable d' « observer les ressemblances et les analogies des choses, soit dans l'ensemble soit dans le détail, car ce sont elles qui forment le lien et l'unité dans la nature et commencent à constituer les sciences ». Jacques Chailley incite les musicologues à s'imprégner de cet état d'esprit, à se soucier en premier lieu, des analogies entre les diverses expressions musicales, à comparer les bases des intervalles, à mettre en lumière les ressemblances dans les structures usitées. Il affirme que ces rapprochements confirmeront l'Universalité de la musique dans ses origines. Cette méthode d'investigation n'est pas sans rappeler la démarche de la linguistique qui parvient à la conclusion d'une langue-mère nommée « Indo-européen ». Est-ce à dire que toutes les musiques émaneraient d'une ancestrale musique-mère qui se serait peu à peu différenciée, et que cette matrice originelle supposerait une justification naturelle qui reste à découvrir ? L'universalité constatée des intervalles d'octave et de quinte se serait-elle imposée ? Aurait-elle été de fait, incontournable ? Jacques Chailley rappelle enfin qu'une bonne compréhension de l'harmonie moderne, suppose une connaissance de l'harmonie classique, du langage renaissant qui fut son préalable, ce dernier étant lui-même héritier du langage médiéval etc. Pour ces raisons, Chailley conclut que l'Antiquité ne peut se comprendre sans les éclairages de l'ethnomusicologie et se questionne pour finir : « Qui sait même, (...) si nous ne devons pas un jour remonter de l'ethnomusicologie à la zoo- ou à l'entomomusicologie*1 ?

Quand la musique du moustique fait dé clic

Une nuit de septembre 2010, je suis réveillé par un moustique. Je n'ai pas l'oreille absolue, mais je réalise que la fréquence*2 produite par son vol, voisine le diapason*3. Ma curiosité me pousse à vérifier. Le piano me confirme une fréquence à peine inférieure au sol#. Je suis réveillé la nuit suivante de la même manière, sauf que la fréquence de l'intrus est cette fois bien plus élevée, proche de la note bleue. Le piano atteste un mib approximatif. J'en conclus que l'insecte vole plus vite que la nuit précédente (?). Une fois et demie plus vite, puisque mib est à un intervalle*4 de quinte de sol#, ou peut-être ne s'agit-il pas du même moustique (?). En deux clics et deux mots clefs « moustique fréquence », la réponse parvient sur l'écran de mon ordinateur qui relate la découverte de chercheurs américains parue dans le célèbre et très sérieux magazine *Science* :

[Science](#). 2009 Feb 20 ; 323(5917):1077-9. Epub 2009 Jan 8.

Harmonic convergence in the love songs of the dengue vector mosquito.

[Cator LJ](#), [Arthur BJ](#), [Harrington LC](#), [Hoy RR](#).

Source Department of Entomology, Cornell University, Ithaca, NY 14853, USA.

Abstract

“The familiar buzz of flying mosquitoes is an important mating signal, with the fundamental frequency of the female’s flight tone behaviour her presence. In the yellow fever and dengue vector *Aedes aegypti*, both sexes interact acoustically by shifting their flight tones to match, resulting in a courtship duet. Matching is made not at the fundamental frequency of 400 hertz (female) or 600 hertz*5 (male) but at a shared harmonic of 1200 hertz*6, which exceeds the previously known upper limit of hearing in mosquitoes. Physiological recordings from Johnston’s organ (the mosquito’s “ear”) reveal sensitivity up to 2000 hertz*7, consistent with our observed courtship behaviour. These findings revise widely accepted limits of acoustic behaviour in mosquitoes.”

L’Orchestre symphonique

Passée la surprise de cette révélation, je me questionne : existe-t-il chez les insectes en général des rapports harmoniques entre les fréquences produites par leurs battements d’ailes, ou les moustiques sont-ils une exception ? Je relève au hasard des pages web que j’ouvre sur mon ordinateur les fréquences des battements d’ailes données pour quelques autres insectes, conscient que ces mesures peuvent être des moyennes ou que leurs résultats sont probablement arrondis. Je fais subir aux opérations des divisions binaires jusqu’à obtenir un résultat inférieur à deux, en vue de pouvoir nommer*8 l’intervalle.

Insecte		hertz									
Aeshna cyanea	A	35									
Aeshna isoceles	B	40	B/A	1,14 ?							
Sympetrum striolatum	C	45	C/B	1,125	C/A	1,285 ?					
Cordulia arnea	D	65	D/C	1,444 ?	D/A	1,857 ?	D/B	1,625 ?			
Syrphes	E	120	E/D	1,846 ?	E/A	1,714 ?	E/B	1,5	E/C	1,333	
Mouche	F	200	F/E	1,666	F/A	1,428 ?	F/B	1,25	F/C	1,111 ?	
									F/D	1,666	

Les rapports entre les fréquences donnent des résultats surprenants qui révèlent une musicalité indiscutable :

1,5 : quinte ; 1,333 : quarte ; 1,666 : sixte majeure ; 1,25 : tierce majeure ; 1,125 : seconde majeure.

Plus d’un tiers d’entre eux sont des rapports harmoniques purs. Plus de la moitié (7 sur 12), si l’on exclu *Cordulia arnea* (D), dont on voit bien que cet intrus fausse l’ensemble.

Je décide de consulter un ouvrage spécialisé de Joël Héras*9. Je note alors tous les résultats fournis, sans exception, en prenant soin de relever tous les minima et les maxima qui sont donnés pour certains insectes.

Nom commun	Nom latin	Nombre de battements / seconde
Hanneton commun	Melolontha melolontha	50
Grande libellule	Libellulidae sp.	24 à 40
Syrphe prudent	Chrysotoxum cautum	120
Mouche		200
Panorpe commune	Panorpa communis	30
Bourdon des champs	Bombus pascuorum	130
Abeilles		250
Papillon moyen	Soufre colias hyale	8 à 12
Petite nymphe	Pyrrhosoma nymphula	16
Sphinx	Sphinx pinastri	50 à 90

Je suis surpris de constater que les minimas et maximas sont eux-mêmes systématiquement en rapport harmonique.

- papillon moyen : 8 à 12, soit $3/2 = 1,5$ (quinte)
- grande libellule : 24 à 40, soit $5/3 = 1,66$ (sixte majeure)
- sphinx : 50 à 90, soit $9/5 = 1,8$ (septième majeure)

Je ne dispose que de trois exemples, c'est fort peu, mais je constate que plus les fréquences produites par le vol sont élevées, plus l'intervalle entre les extrêmes est élevé. Il est intéressant d'ordonner les résultats généraux pour calculer leurs rapports.

	Hertz	/A	/B	/C
A	8			
B	12	1,5		
C	16	2	1,33	
D	24	1,5	2	1,5
E	30	1,875	1,25	1,875
F	40	1,25	1,66	1,25
G	50	2	1,041	1,56 ?
H	90	1,406	1,875	1,406
I	120	1,875	1,25	1,875
J	130	2,03 ?	1,35 ?	2,03 ?
K	200	1,56 ?	1,041	1,56 ?
L	250	1,95 ?	1,3 ?	1,95 ?

Inutile de calculer plus aval, l'écrasante majorité de rapports harmoniques purs est largement établie. A noter que la parfaite harmonie est contrariée par les trois dernières fréquences.

En poursuivant ma réflexion, je me dis que nous tenons là un élément majeur de justification naturelle de notre attrait pour des intervalles d'octave et de quinte, au point que leur usage s'est imposé universellement. Cela est vrai pour les autres intervalles. La quarte qui n'est autre que le résultat de la soustraction de la quinte à l'octave, le ton qui est la différence entre quinte et quarte, et que dire des demis, des tiers et des quarts de ton ? Notre oreille bien plus performante dans un passé lointain, se serait donc formée « naturellement » ? Le contraire -il est vrai- nous étonnerait !

Je pousse ma réflexion sur le rapport qui doit encore exister entre fréquences produites et longueurs des ailes, mais les ouvrages spécialisés restent muets à mes interrogations, quand je suis interpellé par les chiffres relatifs aux vitesses en vol. Ils sont tirés d'un ouvrage de Williams Romoser*10. Ordonnons-les pour en calculer les rapports.

	Espèce	Genre (ordre)	Vitesse (km/h)	/A	/B	/J	/K
A	Ephémères		1,8				
B	Bourçons	Hyménoptères	3	1,66			
C	Moustiques	Diptères	3,2	1,77	1,066 ?		
D	Demoiselles	Odonates	5,4	1,5	1,8		
E	Ammophiles	Hyménoptères	5,4	1,5	1,8		
F	Mouche domestique	Diptères	6,4	1,77	1,066 ?		
G	Piérides	Lépidoptères	9	1,25	1,5		
H	Calliphora	Diptères	11	1,52 ?	1,83 ?		
I	Moro-sphinx	Lépidoptères	18	1,25	1,5		
J	Abeille domestique	Hyménoptères	22,4	1,55 ?	1,86		
K	Aeschna	Odonates	25,2	1,75 ?	2,1	1,125	
L	Anax	Odonates	30	2,08 ?	1,25	1,33	1,19 ?
M	<i>Cephemyia spp. oestrades</i>	Diptères	40	1,38 ?		1,785 ?	1,587 ?

Même constat pour les vitesses de vol, où les proportions harmoniques sont largement dominantes.

Atterrissage

Si le doute est apparu quant à une réalité assurée de l'harmonie des sphères, et si le nombre d'or n'est présent que de façon éparse dans toutes les géométries que la nature nous donne à contempler, il semble bien à contrario que la présence de rapports harmoniques dans les fréquences émises par les insectes volants se révèle à nous aujourd'hui. Il faut ici saluer la formidable suggestion intuitive due au génie de Jacques Chailley. Si tant est que les mesures fournies par les entomologistes soient justes, et il n'y a pas de raison d'en douter, il est clair que les rapports d'octave, de quinte, de quarte etc. n'auront attendu, ni les roseaux de Ling Lun*11, ni les observations de Pythagore dans l'atelier du forgeron*12 pour se manifester. Cette physique simpliste est inscrite de longue date dans les battements d'ailes des odonates, des diptères et autres hyménoptères et il y a fort à théoriser qu'une étude affinée

d'Entomomusicologie révélera la présence d'une série harmonique à l'analyse spectrale du son émis par les insectes volants : le BZZZ !

Notes

*1 Entomomusicologie : c'est en croyant avoir créé cette désignation qu'une recherche sur Internet m'a révélé que Jacques Chailley l'avait initié il y a plus de cinquante ans. Mais il semble bien que depuis, ce terme a connu une longue et profonde hibernation. L'émergence d'une éventuelle discipline porteuse du nom, tout autant.

*2 Fréquence : On appelle *fréquence*, le nombre de vibrations par seconde produit par un corps donné en un temps donné. Ainsi, une note de musique ou un nombre de battements d'ailes d'un insecte s'exprimera en « nombre de battements par seconde » appelé *hertz* (Hz). Les humains perçoivent les fréquences d'environ 20hz à 20000hz.

*3 Diapason : La fréquence du diapason a été fixée à 440 Hz. A ce sujet : Leipp. Emile. *Le problème du diapason*. Bulletin du G.A.M. N°3. 1964.

*4 Intervalles, rapports de fréquences et quotients :

Notes de la gamme chromatique de DO	Nom de l'intervalle produit avec une fondamentale (ici avec do)	Rapport de fréquences	Quotients
Do	Unisson	1/1	1
Do#	Seconde mineure	25/24	1,0417
Ré	Seconde majeure	9/8	1,125
Ré#	Tierce mineure	6/5	1,2
Mi	Tierce majeure	5/4	1,25
Fa	Quarte	4/3	1,333
Fa#	Quinte diminuée	45/32	1,4063
Sol	Quinte	3/2	1,5
Sol#	Sixte mineure	8/5	1,6
La	Sixte majeure	5/3	1,666
La#	Septième mineure	9/5	1,8
Si	Septième majeure	15/8	1,875
Do	Octave	2/1	2

*5 400 hertz et 600 hertz : les fréquences émises par le mâle et la femelle ont un rapport de fréquences de $600 / 400 = 3/2$ ou 1,5.

*6 1200 hertz : cette fréquence correspond à : 400×3 ou 600×2 !

*7 2000 hertz : (tandis qu'on a longtemps cru que les femelles étaient sourdes, il n'en est rien). La fréquence maximale perceptible par ces insectes est à une distance harmonique des fréquences émises lors du vol, et lors de la mise en phase du couple :

- $2000 = 400 \times 1,25 \times 2 \times 2$ soit deux octaves et une tierce majeure

- $2000 = 600 \times 1,66 \times 2 \times 2$ soit une octave et une sixte majeure

*8 Nommer l'intervalle : supposons deux fréquences de 120hz et 320hz. $320 / 120 = 2,66$ qui ne nous apprend rien. $2,66 / 2 = 1,33$ ce qui signifie que les fréquences 120 et 320hz sont distantes d'une octave + une tierce majeure.

*9 Héras Joël. Battements d'ailes. Delachaux et Niestlé. 2004.

*10 Romoser Williams : *The Science of Entomology*. Hardcover. 1981.

*11 Ling Lun : « La légende de Ling Lun est fixée depuis environ 2600 ans avant notre ère, toujours en Chine. Ling Lun entendit le chant de deux phénix, un mâle, une femelle. Chaque chant se composait de six notes. Ling Lun, maître de musique, coupa des bambous de diamètre égal, et en réduisit la longueur jusqu'à obtenir chacune des notes. L'ensemble des douze tubes donna les *lius* (lois) et fut rapporté à l'empereur Huangdi. Il faut ajouter que -selon la légende- cet ensemble était accordé sur le murmure du fleuve jaune (le Huanghe), dont la note est obtenue par un bambou réduit entre deux nœuds, c'est-à-dire à l'octave de la note du segment entier. Cette remarque est l'une des rares justifications « naturelles » que nous ayons du diapason à venir... ». Note copiée de mon *Avant Tempérament*. A paraître.

*12 L'atelier du forgeron : « La légende des marteaux attribuée à Pythagore la découverte des rapports simples d'octave $1/2$, de quinte $2/3$, de quarte $3/4$, proportions établies à partir des premiers entiers naturels. Le rapport de ton de $8/9$ s'obtenant par déduction (quinte moins quarte = ton. $2/3 : 3/4 = 8/9$) ». Extrait de mon *Avant Tempérament*. A paraître.