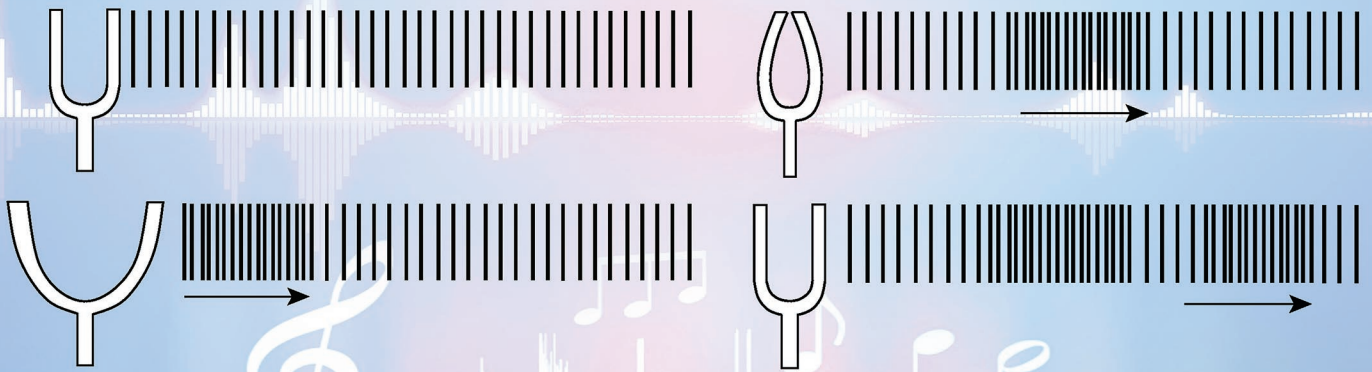


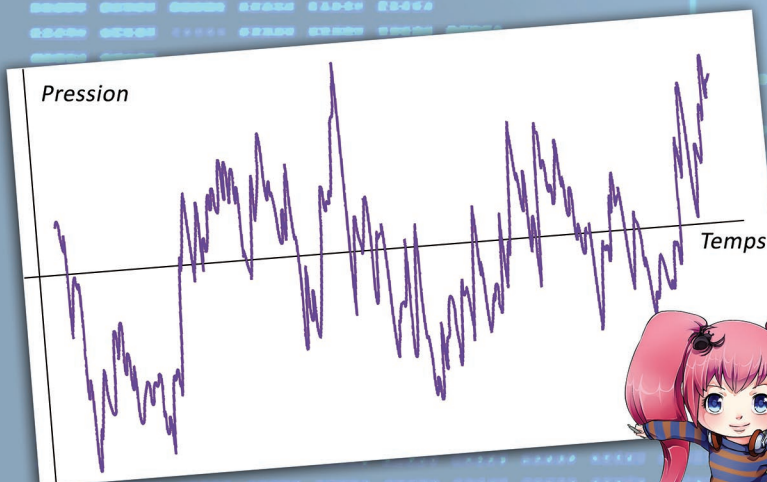
Le son



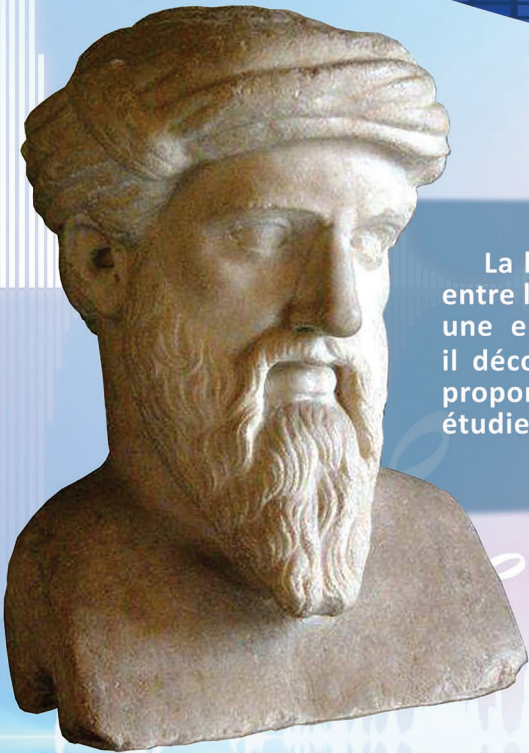
Le son est une onde de pression longitudinale. Cette onde peut être produite par les vibrations d'un instrument de musique comme un diapason ou une cymbale.



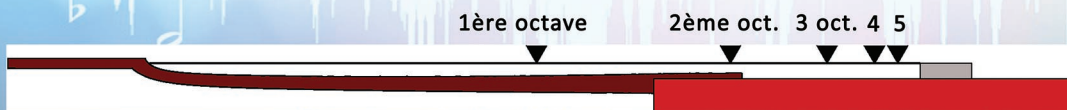
Ce graphique représente la variation de la pression de l'air pendant un centième de seconde lors d'une interprétation de la 9ème symphonie de Beethoven.



L'harmonie pythagoricienne



La légende veut que Pythagore ait mis en évidence les rapports entre les mathématiques et la musique alors qu'il écoutait résonner une enclume frappée par des marteaux de masses différentes, il découvrit que les masses des marteaux avaient des proportions remarquables entre elles. Puis il se mit à étudier le son d'une corde, de la moitié d'une corde, etc.



Lorsque l'on frotte une corde de guitare en appuyant sur celle-ci à mi-longueur, le son obtenu ressemble beaucoup, mais en plus aigu, à celui produit par la corde toute entière vibrant librement (le son fondamental). L'intervalle séparant les deux sons est appelé une **octave**. Si l'on appuie au quart de la longueur, on obtient un autre son, deux octaves plus haut. Et ainsi de suite. Les différentes octaves sur la corde correspondent aux rapports :

$$\frac{1}{2} \quad \frac{1}{4} \quad \frac{1}{8} \quad \frac{1}{16} \quad \frac{1}{32} \quad \dots \quad \text{etc.}$$

Si on appuie aux deux tiers de la corde, le son obtenu est harmonieux avec le son fondamental. Un tel intervalle s'appelle une **quinte**. Les pythagoriciens construisent leur gamme en considérant la suite des quintes successives, c'est-à-dire les rapports :

$$\frac{2}{3} \quad \frac{4}{9} \quad \frac{8}{27} \quad \frac{16}{81} \quad \frac{32}{243} \quad \dots \quad \text{etc.}$$

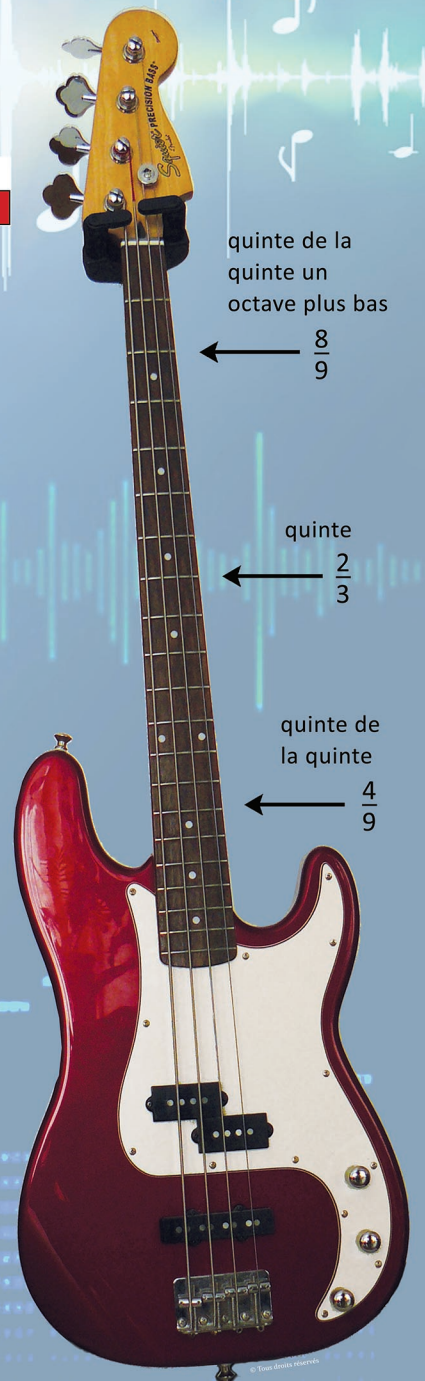
Chaque son pouvant être changé d'octave, un tel procédé engendre une infinité de rapports de la forme :

$$\frac{2^n}{3^p}$$

Dans la pratique, notre oreille ne distingue pas deux sons correspondant à des longueurs de corde voisines. Pour la gamme chromatique (12 notes) on s'arrête à $p=12$ et $n=19$. Notons que :

$$\frac{2^{19}}{3^{12}} = 0,9986\dots$$

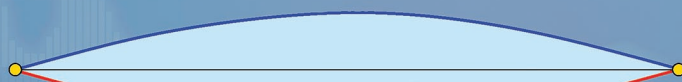
est presque égale à 1. Ainsi, après douze quintes successives et 7 retours à l'octave, on est quasiment revenu à la note initiale.



Les modes



Une corde fixée oscille selon une combinaison de vibrations élémentaires appelées modes.



Vibration en mode fondamental



Vibration à l'octave



Vibration à la quinte ou quintoiement



Pour chaque mode, la corde vibre périodiquement mais pas avec la même fréquence. Elle oscille deux fois plus vite à l'octave que dans le mode fondamental, et trois fois plus vite à la quinte.

Plus généralement, lorsque l'on joue une note sur un instrument, le son produit est le résultat d'une combinaison de modes. Par exemple, la note fondamentale est engendrée en grande partie avec le mode fondamental et dans une moindre mesure par d'autres modes "parasites" comme le mode à quinte ou à l'octave.

Sur une clarinette, le mode à la quinte est très perceptible, on dit que la clarinette quintoie.

Sur le saxophone, c'est le mode à l'octave qui se distingue particulièrement. Le saxophone est un instrument octaviant.



Fréquences



La fréquence d'un mode est le nombre de fois que la vibration se répète au cours d'un intervalle de temps (une seconde). Elle est inversement proportionnelle à sa longueur d'onde (la distance entre deux nœuds consécutifs de la vibration).

$$\text{Fréquence} = \frac{\text{Constante}}{\text{Longueur}}$$

On passe à l'octave en divisant la longueur de la corde par deux. Puisque la fréquence est inversement proportionnelle à la longueur, celle-ci est doublée à chaque passage à l'octave.

Quelle est le son moyen entre une note et son octave ?

Tout dépend ce que l'on entend pas son moyen...
Si f est la fréquence de la note, $2f$ celle de son octave, la fréquence moyenne est :

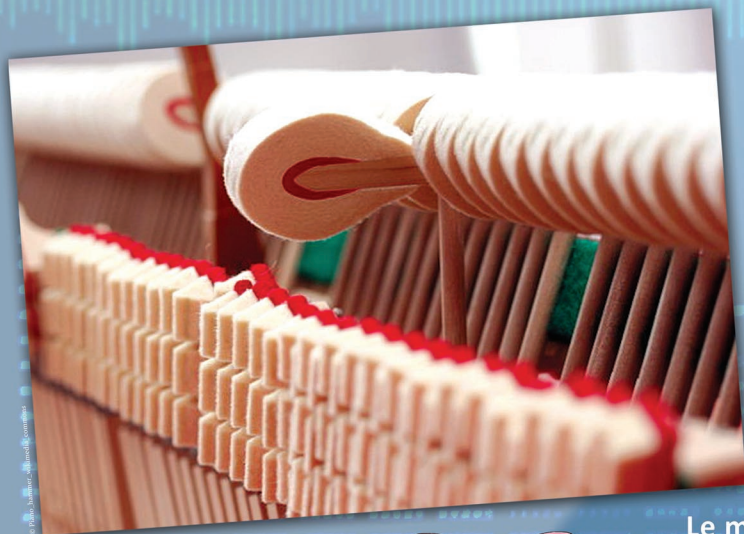
$$f_{\text{moy}} = \frac{(f + 2f)}{2} = \frac{3}{2} f$$

La longueur d'onde correspondante est donc la réduction par un facteur deux tiers de celle de la note fondamentale. Le son moyen est donc la quinte.

Si l'on avait considéré la moyenne des longueurs d'onde plutôt que celle des fréquences, on aurait trouvé :

$$l_{\text{moy}} = \frac{1}{2} \left(l + \frac{1}{2} l \right) = \frac{3}{4} l$$

La longueur d'onde est réduite d'un facteur trois quarts, le son, correspondant est appelé la quarte.



Le marteau du La3, lorsqu'il frappe la corde, produit une vibration qui se répète 440 fois par seconde. La fréquence vaut donc 440 Hz. Un La4, c'est-à-dire la même note jouée un octave plus haut, fait vibrer la corde deux fois plus vite, la fréquence vaut alors 880 Hz. Pour un La5, la fréquence est 1760 Hz et ainsi de suite.

La3

La4

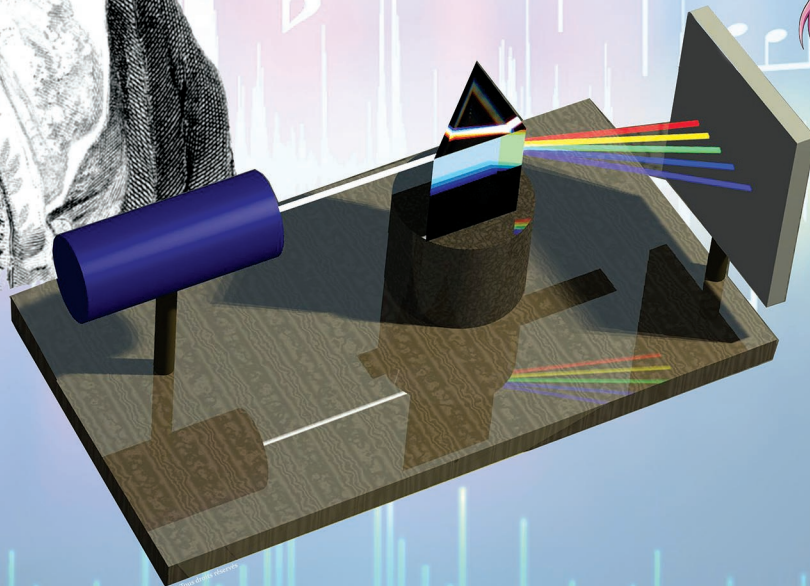
La5

Roland

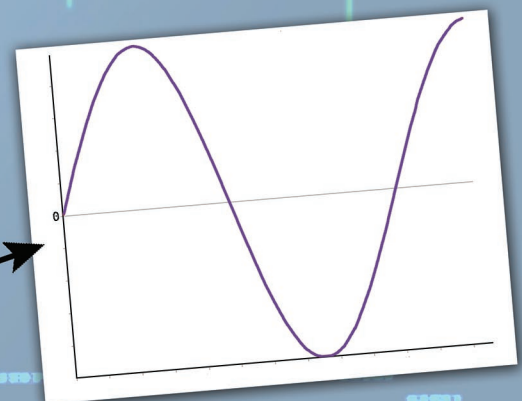
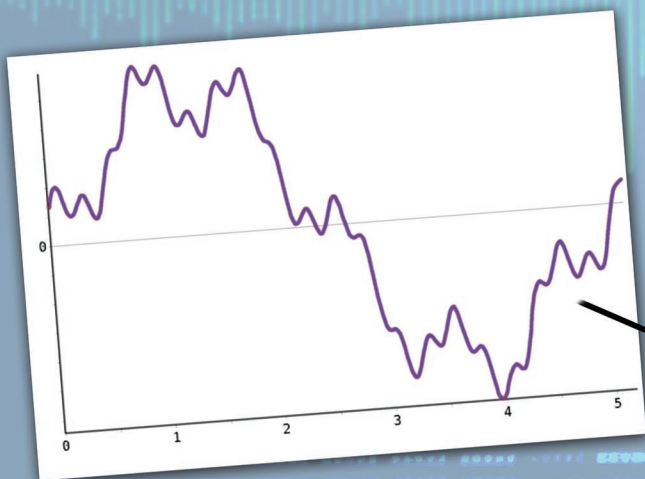
Fourier



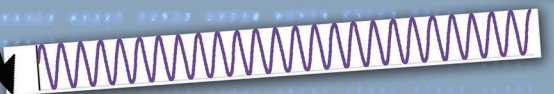
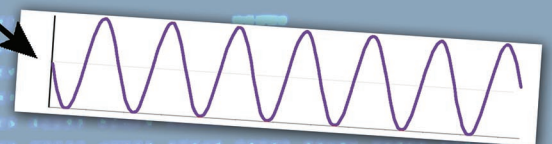
En 1822, Joseph Fourier publie un mémoire historique dans lequel il étudie la propagation de la chaleur. Sa méthode consiste à décomposer un signal complexe en une somme infinie de signaux plus simples, sa **série de Fourier**. Appliquée aux signaux acoustiques, elle permet de décomposer les sons en leurs modes.



La décomposition de Fourier agit un peu à la manière d'un prisme qui transforme un rayon de soleil (signal complexe) en un arc-en-ciel (signaux plus simples).



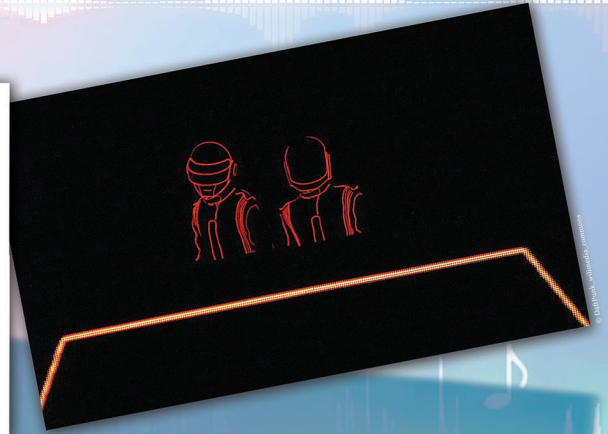
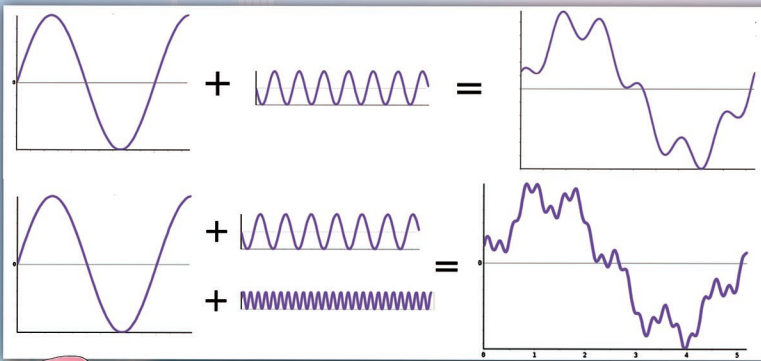
Un signal acoustique (a priori complexe) est décomposé en des ondes "circulaires" plus simples (les modes).



Spectre



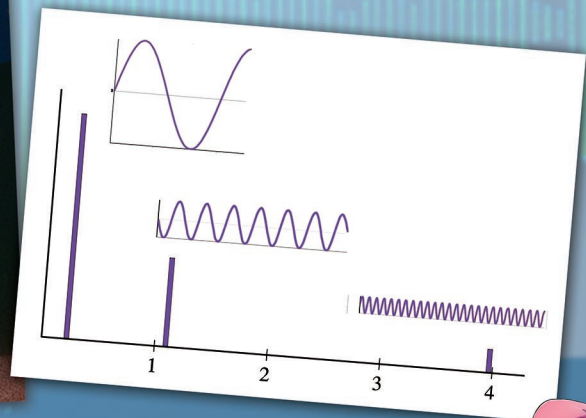
À partir de sa décomposition en série de Fourier, on retrouve le signal acoustique en sommant les différents éléments de sa décomposition.



Au moment de recomposer le signal, on est libre de modifier les différents éléments en fréquence et en amplitude. Le son recomposé est alors altéré. Cet effet est utilisé en musique. Les vodocodeurs (contraction de "voice coder") permettent de transformer une voix humaine en un son synthétique par ce moyen. Un exemple célèbre d'utilisation de voix vodocodées est fourni par le groupe Daft Punk.

Chaque onde circulaire est complètement déterminée par deux nombres : son amplitude et sa fréquence (vitesse d'oscillation).

On rassemble toutes les données de la décomposition du signal acoustique en un schéma appelé **spectre**. Chaque bâton représente une onde circulaire. La hauteur est l'amplitude, la position en horizontale, la fréquence.



À gauche : Sigsaly est un vodocodeur développé par Bell Telephone Laboratories avec le concours du mathématicien et père de l'informatique Alan Turing. Il fut utilisé durant la seconde guerre mondiale par les alliés, notamment pour les communications entre Winston Churchill et Franklin Roosevelt.

À droite, le spectre du signal considéré plus haut.

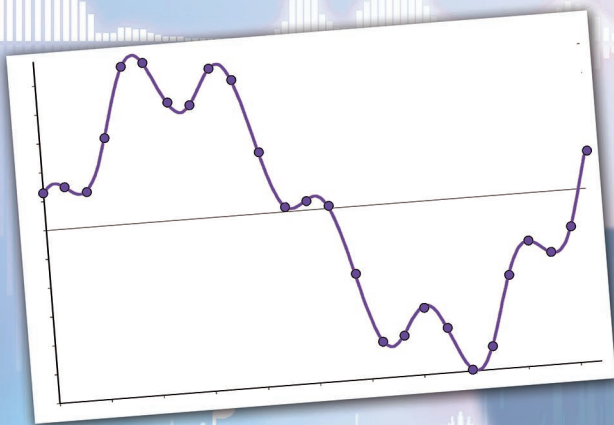
Au bilan, le spectre est un codage du signal sonore en une suite de couple de nombres, un pour l'amplitude, l'autre pour la fréquence : (a_1, f_1) , (a_2, f_2) Au lieu d'enregistrer tout le signal sonore, on peut donc se contenter de n'enregistrer que son spectre restreint aux fréquences audibles.



Le MP3



Le MP3 est un format de compression audio-numérique qui permet de réduire la taille d'un fichier audio dans un rapport de 11 pour 1 tout en conservant une qualité sonore proche de celle du CD.



La conversion analogique/numérique, telle qu'elle est pratiquée pour les CD par exemple, requiert 44100 échantillons par seconde. Le fichier généré est relativement lourd : 605 Mo pour 60 minutes de musique.

L'oreille humaine est soumise à certaines limitations : elle ne peut discerner les sons en dessous de 20Hz et ceux au dessus de 20 kHz. Lors de la superposition de deux sons, le plus fort a tendance à masquer le plus faible jusqu'à le rendre inaudible.



Les girafes communiquent entre elles au moyen d'infrasons, les chauves-souris avec des ultrasons. La majeure partie des sons produits par ces deux espèces nous sont inaudibles.



Le format MP3 tire avantage des limitations de nos oreilles pour alléger la taille des fichiers audio. L'élimination des sons inaudibles se fait grâce à la décomposition en série de Fourier. D'autres techniques mathématiques sont également utilisées pour réduire plus avant la taille des fichiers (codage de Huffman en particulier).



Le format MP3 est le fruit d'un programme de recherche européen dont l'un des principaux protagonistes a été l'ingénieur du son allemand Karlheinz Brandenburg. La chanson Tom's Diner de Suzanne Vega fut utilisée comme test pour l'algorithme de compression.



Idol, quel métier !

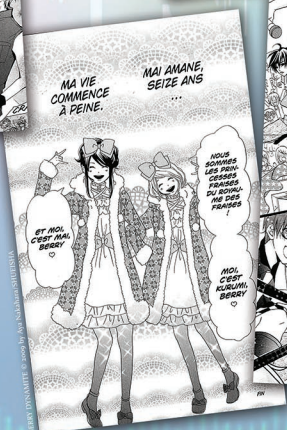


Le terme vient de l'anglais (*idol*) mais la réalité qu'il recouvre est typiquement japonaise. Bien sûr il s'agit toujours d'être l'idole des foules (de préférence jeunes) mais cela va bien plus loin.

Au Japon, être une *idol* est un vrai métier. Les maisons de production japonaises organisent régulièrement des castings de jeunes adolescents pour sélectionner des filles ou des garçons « agréables à regarder » qu'ils forment au mannequinat, au chant, à la danse, au théâtre... comme le faisaient autrefois les studios américains.



La majorité de ces apprentis *idols* n'accéderont jamais à la célébrité ou seulement de manière éphémère. Ils sont considérés par les maisons de production comme des produits qui se doivent d'être rentables, faute de quoi ils sont remplacés par d'autres.



Simple salariés de la maison de production, ils perçoivent un salaire fixe quel que soit le succès rencontré et ils n'ont pas le droit d'avoir une vie privée, leurs employeurs considérant qu'ils décevraient leurs fans !

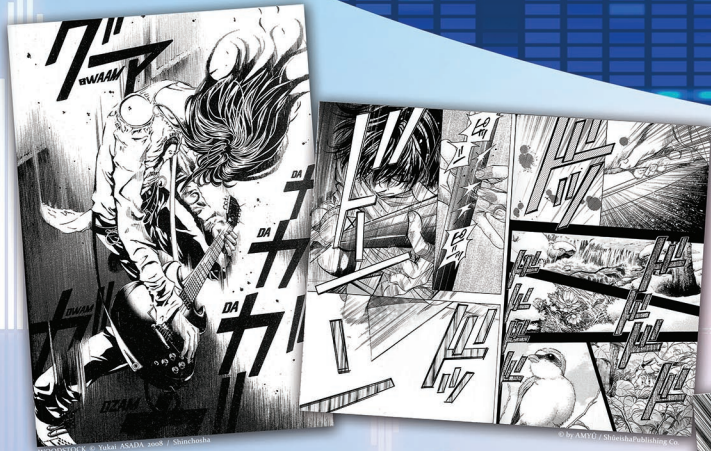
Certains groupes connaissent une très grande notoriété et leurs membres deviennent des vedettes extrêmement populaires. C'est le cas du groupe *Arashi* (tempête) créée en 1999. Pour donner une idée de leur popularité, des avions de la *Japan Airlines* arborent leurs photos sur leur fuselage pour promouvoir leur dernier album.



Les groupes d'*Idols* varient de 2 à... 100. C'est le cas dans *Berry Dynamite* où les deux héroïnes rivalisent avec un groupe composé de 100 jeunes filles qui doivent chacune correspondre à un « fanstasme » de fan. Dans la réalité, il existe bien au Japon un groupe extrêmement connu de 100 jeunes *idols* : les *AK48*.



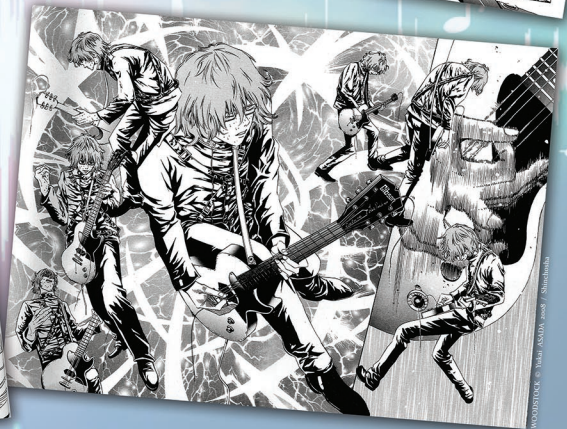
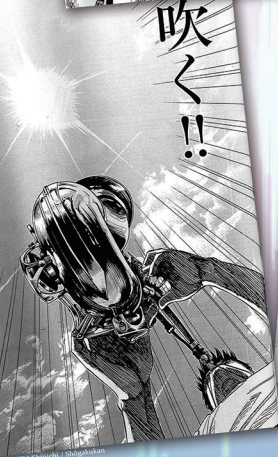
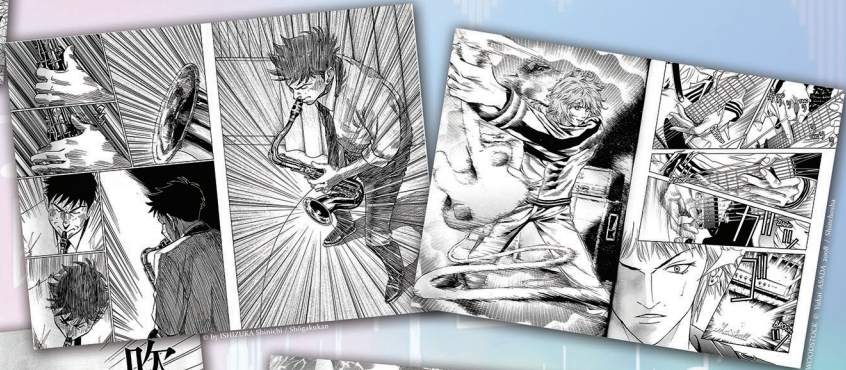
Raconter et dessiner la musique



Le découpage inhabituel des planches permet d'exprimer la puissance tandis que les mains dessinées en très gros plan simulent la virtuosité. Certains gestes sont décomposés sur la même image pour suggérer la vitesse d'exécution. Les angles en contreplongée accentuent la passion et le charisme du héros, ils servent à faire ressentir la musique au lecteur.

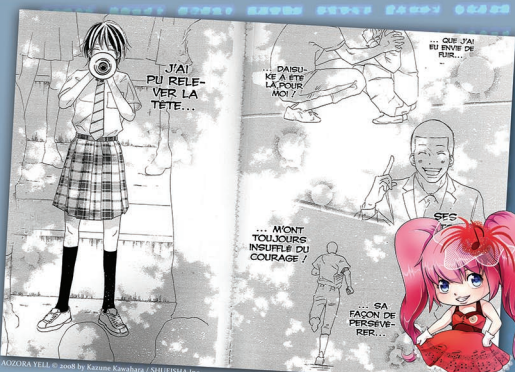
Comment évoquer la musique par le dessin ?

Pour cela on utilise les onomatopées, la présence de partitions mais aussi les hachures pour figurer les ondes et l'intensité du son autour des musiciens.



Avez-vous remarqué qu'un personnage qui ferme les yeux est forcément talentueux ? Ce code visuel se retrouve dans tous les mangas musicaux : l'extrême concentration et l'impression que le héros livre ainsi son âme sont autant de clichés compris par le lecteur. Les mouvements de cheveux, les scintillements et les pétales de fleurs autour du musicien sont d'autres signes fréquemment utilisés pour exprimer la puissance artistique.

Et dans les films (animes² ou dramas³) ? Certes le spectateur peut entendre la musique mais comme la plupart des musiciens ou chanteurs évoqués sont extrêmement talentueux, le défi est de parvenir à collaborer avec des musiciens ou des groupes reconnus qui acceptent de s'effacer devant le personnage et de produire des œuvres de commande. Pour l'adaptation de *Blue rose*, un groupe éponyme a été monté pour l'occasion avec les actrices du film afin d'interpréter le single.



Les codes scénaristiques ou visuels du manga de musique et de sport sont similaires. Ils se situent dans les mêmes lieux, souvent le lycée, où les clubs, obligatoires, permettent de consacrer beaucoup de temps aux pratiques artistiques ou sportives. Dans les deux cas le héros doit se surpasser et surmonter de nombreux obstacles pour atteindre son but. Les valeurs sont les mêmes : l'effort, la discipline, la rigueur, la compétition, le dépassement de soi et le sens du sacrifice pour le groupe, des valeurs essentielles au Japon.

Aozora Yell associe ces deux passions et retrace les parcours parallèles d'une joueuse de trompette dans une fanfare et d'un jeune lanceur de l'équipe de baseball qu'elle encourage.



La Diva virtuelle



Quel est le rapport entre l'opéra, les programmes de synthèse vocale et les vidéos en ligne ?

Hatsune Miku

Hatsune Miku, dont le nom signifie *premier son du futur*, a 16 ans, pèse 42 kgs, mesure 1,58 m et porte de longues couettes d'un bleu-vert électrique.

Très populaire au Japon, Miku est une star virtuelle ! Elle est le personnage principal d'un programme de synthèse vocale : Vocaloid 2, créé à l'origine par *Crypton Future Media*. Depuis 2008, les utilisateurs de V2 peuvent faire chanter leurs créations par Miku mais aussi la faire danser sur la chorégraphie de leur choix. Et c'est un succès, on trouve plus d'un million deux cent mille vidéos de Miku sur Internet.

Une exposition internationale itinérante est consacrée à cette diva numérique et le plus surprenant est d'assister à un concert de Miku. Le public vient applaudir sur scène la diva dont l'hologramme est projeté sur un grand écran transparent avec à l'arrière de vrais musiciens qui l'accompagnent.



Miku à l'opéra

Keiichiro Shibuya a même écrit un opéra virtuel pour Miku : *The End*, une œuvre sombre, une réflexion sur la mort. Le spectacle a été présenté au théâtre du Châtelet en 2013 et lors de la représentation Miku portait un costume créé par Vuitton. Le compositeur explique que le Vocaloid, libère le créateur des limites vocales humaines (rapidité ou irrégularité du rythme).



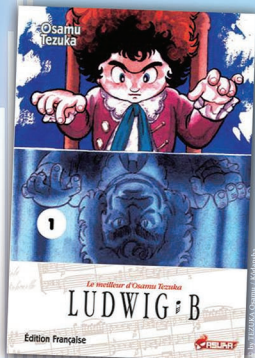
Le Vocaloid (contraction de *vocal* et *android*) est un logiciel de synthèse vocale permettant de faire chanter un avatar sur des paroles et une mélodie programmée, l'utilisateur peut aussi paramétrer finement sa façon de chanter et son élocution, fonction appelée « dressage ». Le personnage de Miku est *Open Source* (les utilisateurs peuvent diffuser son image librement).



Les codes vestimentaires de Miku : le tatouage 01 (elle est le premier avatar créé par Vocaloid 2), son objet totem le *negi* (le poireau) et ses manches « synthétiseur » rendent le personnage très populaire auprès des cosplayeurs. Sa garde-robe varie au fil des saisons et des versions du logiciel.

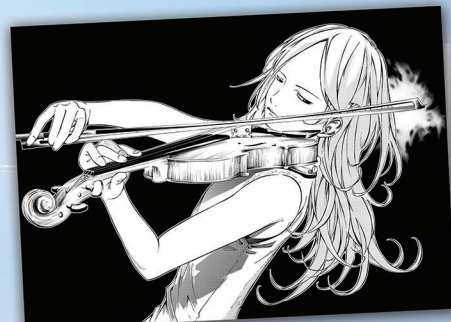


De l'occident à l'orient : musique classique ou traditionnelle ?



Pendant longtemps les scénarii des mangas « de musique » concernaient essentiellement la musique classique et plus particulièrement les musiciens classiques occidentaux. Était-ce par goût, pour ouvrir les japonais à une sensibilité différente ? Ou parce que la musique traditionnelle japonaise n'était pas à la mode ?

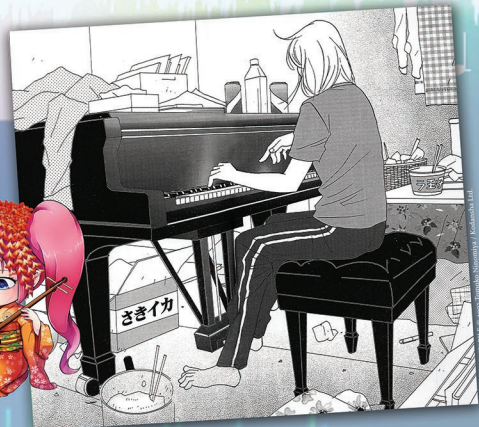
De nombreux titres racontent les aventures de musiciens en herbe. Même Osamu Tezuka, « dieu du manga » l'a fait en publiant *Ludwig B*.



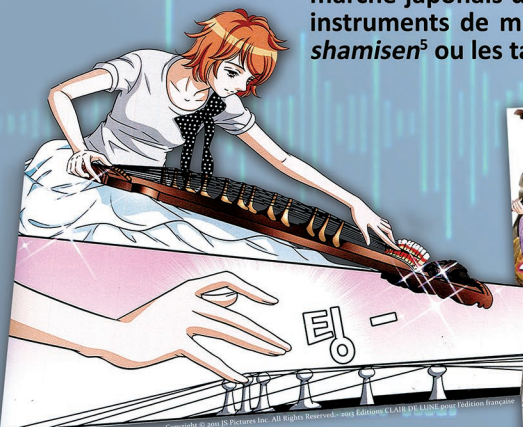
Dans ces mangas, on trouve souvent une abondante documentation sur les musiciens célèbres, l'histoire de la musique ou encore les particularités des instruments évoqués. Cette dimension didactique et documentaire se retrouve même dans les *shojos*¹ les plus sentimentaux. Que ce soit par des notes insérées dans les planches ou de véritables dossiers de recherche publiés à la fin du volume, les *mangakas* ont à cœur de fournir à leurs lecteurs des informations complémentaires.

À noter aussi que les personnages historiques sont souvent dessinés « à l'occidentale », c'est-à-dire selon les codes de la BD européenne pour dissocier le côté ludique de l'histoire du sérieux des explications données en insert.

Nodame Cantabile est le plus connu des mangas « de musique classique ». Adapté en anime², en drama³ et en film, il a eu beaucoup de succès. C'est une amie pianiste qui a inspiré à l'auteure le personnage principal de l'histoire : une musicienne géniale mais loufoque.



Est-ce un retour aux sources ou la crainte que les petits japonais ne connaissent plus leur propre culture ? Mais apparaissent depuis peu sur le marché japonais de nombreuses séries évoquant les instruments de musique traditionnelle : le *koto*⁴, le *shamisen*⁵ ou les tambours traditionnels.



Preuve de cet engouement, dans *Coup de foudre*, un *manhwa* (manga coréen), on découvre le *gayageum*, instrument traditionnel coréen.



orgues à bouche (Sho)

Méconnue des occidentaux, la musique traditionnelle japonaise repose sur les percussions, les cordes et les vents. Des instruments comme les orgues à bouche (*Sho*) ou le *So no koto* sont peu connus, d'autres comme les *shamisen* sont souvent abusivement associés aux geishas. Ils sont encore utilisés de nos jours au Japon lors des pièces de théâtre *kabuki* ou *no* ainsi que lors de certaines cérémonies religieuses. Certains ensembles, comme les *Tambours de Kodo*, perpétuent cette tradition en se produisant dans le monde entier.

Amour et Rock'n roll



Si la musique classique a beaucoup inspiré les mangakas, que dire du rock ?

C'est un genre musical que l'on peut facilement associer aux comédies romantiques du lycée et aux ados en général. Musique de groupe, il est le parfait prétexte à toutes sortes de rivalités amoureuses. La diversité des styles (musicaux ou vestimentaires) permet de renouveler le thème au fil du temps.



Face aux romances lycéennes (*K on !*, *Blau Rosen*), on trouve des histoires plus documentées comme *Beck* ou *Woodstock* qui tiennent plus de l'encyclopédie du rock que de *Lucile*, *Amour et rock'n roll**.

Le Rock a donc bien acquis ses lettres de noblesse dans le manga, d'autant que toutes les variantes y sont représentées, même les plus étranges : du *visual kei*¹ japonais au death metal, aucun courant n'est oublié.



Nana est un manga musical particulier et la musique presque un alibi pour camper des figures féminines fortes et libérées. Considéré comme un manga féministe, *Nana* a le mérite de montrer que l'apport féminin à la musique ne se limite pas à une pop sucrée.

Les titres sur le sujet ne sont pas très nombreux. *Kids on the slope*, titre phare traduit en français est une série nostalgique située dans le Japon des années 60, encore très marqué par l'occupation américaine sur fond de revendications sociales. Cette œuvre aborde le jazz sans se montrer trop didactique et sans faire l'apologie de la compétition ce qui crée une ambiance assez différente de la plupart des mangas musicaux.



**Lucile*, *Amour et Rock'n roll*, ou *Embrasse-moi Lucile*, est connu en France par son anime diffusé à la télévision pour la première fois à la fin des années 80, il raconte des histoires d'amour compliquées sur fond de rivalités musicales.