Hybrid

Revue des arts et médiations humaines

2 | 2015

Réalités de l'illusion

Propositions pour une typologie des phénomènes sonores insolites

François-Xavier Féron

Édition électronique

URL : <https://journals.openedition.org/hybrid/1274>

DOI : 10.4000/hybrid.1274

ISSN : 2276-3538

Traduction(s) :

Proposals for a typology of unusual sound phenomena - URL : <https://journals.openedition.org/hybrid/1281> [en]

Éditeur

Presses universitaires de Vincennes

Référence électronique

François-Xavier Féron, « Propositions pour une typologie des phénomènes sonores insolites », *Hybrid* [En ligne], 2 | 2015, mis en ligne le 23 octobre 2015, consulté le 13 avril 2022. URL : <http://journals.openedition.org/hybrid/1274> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/hybrid.1274>

Ce document a été généré automatiquement le 13 avril 2022.

Revue Hybrid

Propositions pour une typologie des phénomènes sonores insolites

François-Xavier Féron

Introduction

- 1 L'aspect le plus fascinant de cette musique faite sur une seule note, ne réside pas dans les infimes changements réalisés par le compositeur, mais dans les changements supplémentaires qui d'une certaine façon semblent survenir dans les oreilles de l'auditeur. À certains moments, je trouvais qu'il était difficile, en observant de manière logique ce qu'il se passait, de se concentrer sur certains aspects du son que je savais présents. À d'autres moments, il était difficile de savoir si une chose était en train de s'affaiblir ou si une autre était en train d'augmenter. Parfois, un des harmoniques changeait de couleur et cela procurait l'impression que tout changeait. Souvent, j'ai détecté une modification sans comprendre d'où elle provenait. Bien sûr, il se pourrait que, petit à petit, mes oreilles s'habituent à écouter ce genre de musique et cessent de me jouer des tours. Mais j'ai quand même l'impression que des illusions de ce genre seront toujours créées dans un tel contexte avec des sons sinusoïdaux continus.
- 2 On sait beaucoup de choses sur les illusions optiques, mais je n'ai jamais entendu parler d'illusions auditives. Pour une raison ou une autre, personne ne semble s'intéresser à ces phénomènes. Pourtant ils existent certainement, du moins dans des musiques électroniques comme celle-ci. Peut-être y aura-t-il un jour, dans le domaine musical, un nouveau Josef Albers qui développera une théorie expliquant comment ces phénomènes sont produits. En attendant, nous pouvons simplement écouter et être agréablement mystifiés.
Tom Johnson, 17 août 1972, à propos de *Narcissus Descending* de Rhys Chatham¹
- 3 Comme le remarque Johnson, les illusions auditives ne sont pas aussi répandues et connues que les illusions optiques. Elles souffrent encore aujourd'hui d'une certaine méconnaissance bien qu'elles soient, depuis les années 1950, étudiées scientifiquement et de plus en plus explorées musicalement. À propos de *Narcissus Descending* de Rhys

Chatham, Johnson parle d'illusion auditive car cette musique « joue des tours » et invite les auditeurs à être « agréablement mystifiés ». Mais peut-on vraiment parler d'illusion auditive dans ce cas précis ? Ce terme qui revêt plusieurs significations est souvent usité pour faire allusion à tout un panel de phénomènes sonores, plus ou moins énigmatiques et mystificateurs, mais pas nécessairement illusoires *stricto sensu*. C'est pourquoi il nous semble intéressant de réfléchir à l'établissement d'une typologie qui permettrait d'inclure tout phénomène sonore insolite pour mieux définir ensuite ce qui relèverait réellement, entre autres, de l'illusion mais aussi du paradoxe.

- 4 Nous reviendrons tout d'abord sur la nature plurivoque du terme « illusion » pour exposer ensuite les bases de notre méthode de classification. Pour cela, nous nous appuierons sur les investigations menées dans le cadre de notre thèse de doctorat dont l'objectif était de réunir une grande variété de ces phénomènes insolites afin de les décrire auditivement, les expliquer scientifiquement et les illustrer musicalement². Il n'est pas question ici de proposer une liste exhaustive de ces phénomènes insolites mais seulement d'explicitier les fondements de notre typologie. Nous nous intéresserons alors plus particulièrement à l'illusion et au paradoxe, deux effets que nous illustrerons à travers des exemples musicaux du maître-illusionniste qu'est Jean-Claude Risset.

Les illusions auditives : un terme plurivoque

Petite histoire

- 5 Contrairement aux illusions optiques, explorées depuis des siècles, les illusions auditives ont connu un essor beaucoup plus récent lié au développement des techniques de reproduction sonore (depuis l'invention du phonographe par Thomas Edison en 1877) et à celui de la synthèse sonore par ordinateur, mise au point en 1957 par Max Mathews. Ce n'est donc qu'au ^{xx}e siècle, et essentiellement dans sa seconde moitié avec l'apparition de l'enregistrement sur bande magnétique, que les illusions auditives ont commencé à être étudiées scientifiquement par différents psychologues. Au début des années 1950, partant d'un discours entrecoupé une dizaine de fois par seconde, George Miller et Joseph Licklider découvrent que lorsque des bruits intenses sont ajoutés dans les interstices, le discours redevient intelligible et semble continu³. Ce phénomène que les auteurs ne décrivent pas en termes d'illusion mais d'effet « *Picket Fence* » connaîtra par la suite de nouvelles dénominations : effet barrière, tunnel, de continuité... Dans les années 1960, Richard Warren met en évidence les phénomènes de transformation verbale : lorsque des syllabes ou des mots sont répétés rapidement en boucle, les auditeurs perçoivent des modifications sémantiques, effets liés à la variabilité de la perception dans les conditions où la stimulation sensorielle est invariable⁴. Warren continuera, tout au long de sa carrière, à s'intéresser aux phénomènes de nature illusoire, notamment les effets de continuité et complétion⁵. La naissance de la synthèse sonore par ordinateur marque un tournant capital dans l'histoire des illusions auditives. Les travaux d'analyse menés au sein des laboratoires Bell sous l'impulsion de Max Mathews ont permis de révéler certaines propriétés remarquables de l'audition qui pouvaient alors être exploitées de manière à produire des effets sonores extrêmement déroutants. Grâce à la synthèse, explique Jean-Claude Risset, il est devenu possible de « faire surgir des illusions en construisant des structures sonores spécialement conçues pour faire jouer certains mécanismes

perceptifs⁶ ». Ainsi voit-on apparaître dans les années 1960 de véritables structures sonores impossibles comme la gamme sans fin de Roger Shepard et les *glissandi* infinis ou paradoxaux de Risset sur lesquels nous reviendrons plus en détail dans la troisième partie de cet article. En 1974, Diana Deutsch découvre une illusion spatiale tout à fait surprenante en alternant, à un tempo rapide, deux sons séparés d'une octave : lorsque le son grave apparaît à gauche, au même instant, le son aigu apparaît à droite et *vice versa*. La plupart des auditeurs droitiers localisent alors tous les sons aigus à droite et tous les sons graves à gauche⁷. Tout comme Warren, Deutsch ne cessera de s'intéresser à ces effets sonores curieux qu'elle a d'ailleurs dévoilés au grand public à travers l'édition de deux disques⁸. C'est aussi dans les années 1970 qu'Albert Bregman débute ses recherches sur l'analyse des scènes auditives et plus particulièrement sur la formation des flux auditifs, phénomène à l'origine de nombreux effets *trompe-l'oreille*⁹. Cet aperçu succinct des recherches autour des illusions auditives et autres phénomènes apparentés ne prétend pas à l'exhaustivité mais souligne l'intérêt grandissant qu'ils suscitent auprès de la communauté scientifique. C'est dans ce contexte que l'Institut national de l'audiovisuel, Radio France et le groupement des acousticiens de langue française ont organisé en 1977 une rencontre autour de cette thématique. Deux ans plus tard, les illusions auditives sont référencées pour la première fois dans l'*Encyclopaedia universalis*, à travers un article signé par David Wessel et Jean-Claude Risset¹⁰.

Définition

Au sens large, on peut parler d'illusion auditive chaque fois que notre perception du son est en désaccord avec sa description physique ou acoustique [...]. Curiosités énigmatiques, les illusions ont un intérêt en soi : leur étude est précieuse en ce qu'elle révèle souvent très clairement certaines propriétés spécifiques des mécanismes perceptifs¹¹.

- 6 L'illusion est donc le reflet d'un désaccord dans la mesure où elle ne correspond pas à une réalité considérée comme objective. Mais quelle est cette réalité ? Faut-il se référer uniquement aux caractéristiques physiques du signal acoustique ou prendre aussi en considération les propriétés de la perception auditive ? Tout serait illusion si l'on ne tenait pas compte de la réalité psychoacoustique, c'est-à-dire de « l'ensemble de paradigmes expérimentaux rigoureux et hautement formalisés, dont le but est d'établir un lien quantitatif entre les paramètres du monde acoustique et ceux de l'expérience auditive¹² ». Par ailleurs, comme l'expliquent Wessel et Risset, il ne faut aucunement réduire les illusions à des erreurs d'interprétation mais plutôt les envisager, suivant la célèbre formule du physiologiste Purkinje, comme des « tromperies des sens, vérités de la perception¹³ ». Outre l'idée de désaccord avec une certaine réalité, de disjonction entre ce qui devrait être « normalement » perçu et ce qui est « réellement » perçu, l'illusion se réfère aussi à une « apparence dépourvue de réalité¹⁴ ». Les techniques de reproduction sonore par exemple permettent de créer une illusion de présence, en nous faisant croire que telle source est physiquement présente alors que le signal sonore est « sans contrepartie visuelle et sans causalité vibratoire¹⁵ ». Il n'est donc pas si simple de circonscrire ce qui définit l'illusion même si l'idée de tromperie demeure une constante. Pour apprécier la nature plurivoque des illusions auditives, revenons brièvement sur la manière dont elles ont été répertoriées par le passé.

Catégorisation

- 7 Dans leur article pionnier, Wessel et Risset décrivent plusieurs types d'illusions qu'ils regroupent suivant six catégories¹⁶.

1. *Restitution perceptive des sons*

L'audition est capable de restituer les parties manquantes d'un signal sonore lorsque ces parties sont suppléées par des signaux bruitistes.

2. *Polyphonie à une seule voix*

Une suite monodique de notes peut être perçue comme un enchevêtrement de plusieurs lignes mélodiques en raison de la formation de flux auditifs.

3. *Paradoxes liés à la dissociation de la hauteur sonore*

La sensation de hauteur ne peut se réduire à la fréquence du signal acoustique car elle dépend en réalité de deux attributs qui varient généralement de façon concomitante : le chroma ou hauteur tonale, c'est-à-dire la représentation des notes à l'intérieur d'une octave, et la tonie, ou hauteur spectrale, c'est-à-dire la sensation qualitative corrélée à la tessiture des composantes spectrales les plus intenses. En les dissociant, il est possible de créer des sons qui montent (ou descendent) infiniment mais aussi des sons qui montent et descendent simultanément.

4. *Paradoxes de rythme*

Dans le prolongement des effets précédents, il est possible de produire des battements qui paraissent accélérer (ou ralentir) infiniment ainsi que des battements paradoxaux qui par exemple accélèrent pour aboutir finalement à un rythme plus lent.

5. *Intégration auditive*

Suivant le contexte, une même structure sonore peut être interprétée différemment à la manière du cube réversible de Necker dont les faces avant et arrière peuvent être inversées.

6. *Localisation auditive*

Le cerveau est sujet dans certains cas à des confusions et illusions portant sur la localisation et le mouvement des sons. On croit qu'un son est émis à tel endroit alors qu'aucune source acoustique n'est présente à cet emplacement spécifique.

- 8 Wessel et Risset énumèrent et décrivent ainsi un certain nombre d'effets illusoires en opérant des regroupements, soit en fonction des procédures de la perception, soit en fonction des paramètres sonores ou musicaux mis en jeu. Certains de ces effets révèlent des mécanismes innés de la perception auditive et sont parfaitement ancrés dans nos habitudes d'écoute, alors que d'autres, construits artificiellement, se présentent comme des « objets » sonores impossibles. Le terme « illusion » embrasse ici un vaste panel de phénomènes qui, pour la plupart, sont décrits dans l'ouvrage *Le Son musical* de John Pierce¹⁷ (avec exemples sonores à l'appui) ainsi que dans un autre article de Risset¹⁸. Le biologiste Jacques Ninio pose quant à lui, dans son livre *La Science des illusions*¹⁹, les bases d'une méthode de classification en s'inspirant des recherches de Richard Gregory, grand spécialiste des illusions optiques. Ninio propose de classer illusions visuelles et auditives suivant les grandes procédures de la perception (limites perceptives, contrastes, ségrégations/fusions, complétion, adaptation, constances, repères/localisations, arbitrage) et non en fonction des paramètres sur lesquels portent les erreurs d'interprétation. La typologie que nous avons développée s'inspire de ces différentes investigations mais cherche à englober tout phénomène sonore qui paraîtrait, d'une manière ou d'une autre, quelque peu insolite.

Vers une typologie des phénomènes insolites

Point de départ

- 9 Comment déterminer si un phénomène est insolite ou pas ? Qu'est-ce qui le définirait ainsi ? Par définition, ce qui est insolite provoque l'étonnement et suscite la surprise par son caractère inhabituel, contraire à l'usage et aux règles. Mais chacun a ses propres connaissances et repères si bien que ce qui est insolite pour l'un, ne l'est pas nécessairement pour l'autre ; ce qui était insolite, voire illusoire, par le passé, ne l'est plus nécessairement aujourd'hui. « On a cru, *remarque Ninio*, sur la foi des renseignements fournis par les organes des sens que les choses étaient d'une certaine manière et l'on sait, par la culture et le raisonnement, que les choses sont autrement²⁰. » Ainsi, des phénomènes considérés par Lucrèce comme illusoires (écho, image reflétée par un miroir...) sont aujourd'hui intégrés comme des représentations légitimes de la réalité. La typologie que nous souhaitons développer ne doit pas être fermée, de manière à pouvoir inclure tout phénomène qui paraît, ou a pu paraître, d'une manière ou d'une autre, quelque peu insolite. Nous sommes bien conscients du caractère totalement subjectif d'un tel postulat de départ, mais celui-ci permet de poser les bases pour une méthode de classification générique qui embrasserait une grande variété de phénomènes connus, mais aussi à découvrir. Les changements survenant au niveau de l'oreille, que Johnson évoque à propos de la musique de Chatham, ne sont pas forcément des illusions mais ils reflètent néanmoins des spécificités sonores remarquables (par exemple des sons différentiels, des phénomènes de battements, des fréquences de résonance) mises consciemment en exergue par le compositeur de manière à surprendre les auditeurs, à les confronter à l'inouï. Ces phénomènes ne peuvent être confondus avec des illusions puisqu'ils ne révèlent pas des erreurs d'interprétation. Ils doivent néanmoins trouver leur place au sein de notre typologie. Pour mieux comprendre comment celle-ci a été mise en place, partons d'un exemple concret : le chant diphonique, un phénomène sonore tout à fait insolite qui, aux oreilles du néophyte, peut être source d'illusions.

L'exemple du chant diphonique

- 10 Le chant diphonique est une pratique ancestrale qui vise à filtrer le son de la voix en se servant de la cavité pharyngo-buccale comme caisse de résonance à volume variable afin de faire ressortir une mélodie d'harmoniques. Cette pratique qui est parfaitement ancrée dans la culture mongole est souvent source d'émerveillement pour les auditeurs occidentaux qui peinent à croire qu'un seul et unique chanteur puisse émettre simultanément plusieurs hauteurs.
- 11 Cette voix bifide est-elle illusoire ? Y a-t-il vraiment une erreur d'interprétation ? Le sonagramme (fig. 1) révèle la nature harmonique du son émis (équidistance des composantes spectrales) dont la fréquence fondamentale se situe autour de 165 Hz. Il rend aussi compte de l'incroyable filtrage opéré par le chanteur : les premières composantes, dont la fondamentale, ne sont pas très intenses alors que celles situées entre 3 000 et 3 500 Hz le sont particulièrement, ce qui rend le son presque strident à certains moments. Mais ce qui est le plus impressionnant est l'enrichissement des harmoniques 7 à 12 qui engendrent une mélodie au timbre étrange.

- 12 Cet exemple montre bien que la sensation de hauteur, dans le cas d'un signal harmonique, ne peut être uniquement corrélée à la fréquence fondamentale qui est ici fixe autour de 165 Hz. La tonie est en revanche constamment modifiée de manière à ce que les harmoniques puissent se détacher complètement de la structure sonore pour former un flux auditif distinct. S'il s'agit bien d'un effet tout à fait insolite, il ne peut être en aucun cas associé à une illusion auditive. En revanche, un auditeur novice pourrait douter de l'origine uniquement vocale de ce chant, et plus particulièrement du fait qu'il n'est produit que par un seul et unique musicien. Il y a alors finalement une erreur d'interprétation mais celle-ci porte sur la source sonore, en termes d'identité et de nombre, et non sur le son lui-même. Comment distinguer et répertorier tous les différents phénomènes insolites mis en jeu dans cet exemple particulier ?

Fig. 1

Chant diphonique xöömij (Mongolie, Ulan Bator), sonagramme (0-4 500 Hz) réalisé avec le logiciel Audiosculpt (fenêtre de Hanning, 6 000 échantillons)²¹.

Acoustique vs. auditif / singularité vs. effet

- 13 En s'inspirant directement des réflexions de l'ingénieur allemand Jens Blauert²² qui distingue les « sound events » se rattachant à la physique, des « auditory events » liés à la perception du son, nous avons choisi de dissocier deux types de phénomènes sonores :
1. Les phénomènes dits acoustiques – de nature physique – touchent aux propriétés fondamentales des ondes acoustiques, et s'expliquent à travers les lois de la physique. L'effet Doppler, l'écho, la réverbération, les mirages et chenaux acoustiques, les galeries chuchotantes, etc., entrent dans cette catégorie.
 2. Les phénomènes dits auditifs – de nature perceptive – font intervenir les mécanismes complexes de la perception et sont abordés sous le prisme de la psychoacoustique ou de la psychologie cognitive. Sont inclus dans cette catégorie aussi bien les multiples phénomènes relevant de l'analyse des scènes auditives (complétion, ségrégation, omission...) que les illusions, ambiguïtés et autres effets spéciaux de ce genre impliquant un processus d'interprétation de la part de l'auditeur.

- 14 Nous opérons conjointement une autre distinction en associant les phénomènes soit à des singularités, soit à des effets :

1. Les singularités représentent des caractéristiques particulières de quelque chose. Nous parlons de singularités acoustiques si celles-ci ne concernent que l'onde acoustique, indépendamment de sa réception, et de singularités auditives lorsqu'elles touchent au système perceptif.
2. Les effets, quant à eux, résultent d'expériences concrètes et sont les conséquences de quelque chose. « Il s'agit de la manifestation d'un phénomène qui accompagne l'existence de l'objet. En ce sens, l'effet n'est pas un objet lui-même²³. » Si la frontière entre ces différents aspects n'est pas toujours évidente à bien définir, tout phénomène sonore est normalement susceptible d'être analysé à l'aune d'une quadripartition qui est synthétisée sur la figure suivante (fig. 2).

Fig. 2

Catégorisation quadripartite des phénomènes sonores.

- 15 Reprenons l'exemple du chant diphonique mongol. Le filtrage opéré par le chanteur est un *effet acoustique* qui permet de renforcer des composantes spectrales du son émis. Celles-ci ne fusionnent plus avec les autres composantes et sont intégrées en un flux auditif. Ce processus d'analyse des scènes auditives représente en soi une *singularité auditive* et souligne la nature composite de l'attribut de hauteur. Enfin, si l'auditeur pense que ce chant n'est pas le fruit d'une seule et unique personne et préfère l'associer à plusieurs sources sonores, pas nécessairement vocales, il est alors enclin à une illusion de type référentiel qui appartient à la catégorie des *effets auditifs*. Il existe bien d'autres effets auditifs « spéciaux », comme les paradoxes, les ambiguïtés, les perceptions sans objets ou certaines sensations remarquables. Ces différents effets peuvent ensuite être aussi répertoriés selon les éléments « affectés » : les paramètres

du son (hauteur, durée, intensité, timbre), des composantes « plus » musicales (tempo, rythme, mélodie, intervalle...), les sources responsables de la production sonore (identité, nombre), leur position dans l'espace (localisation, mouvement). Préférant nous concentrer sur l'illusion et le paradoxe, deux effets auditifs souvent concomitants, nous ne pouvons expliciter ici davantage cet aspect de notre typologie.

Illusion et paradoxe à travers des exemples musicaux de Jean-Claude Risset

Illusion d'infinité

- 16 L'illusion tend donc par nature à tromper l'auditeur de quelque manière que ce soit et implique souvent une authentique erreur d'interprétation, c'est-à-dire un désaccord entre ce qui devrait être perçu et ce qui est perçu. La synthèse sonore par ordinateur a permis de contrôler le son dans ses moindres détails et de confectionner des illusions d'infinité tout à fait remarquables comparables, dans le domaine visuel, au fameux escalier sans fin réalisé en 1958 par Lionel Penrose et son fils Roger Penrose²⁴ (fig. 3).

Fig. 3

Escalier de Penrose revisité.

© François-Xavier Féron et Karen Brunel-Lafargue, 2010²⁵.

- 17 C'est en 1964 que Shepard synthétise une série de douze sons (ne comprenant que des composantes séparées par des octaves) qui, répétée en boucle, forme une gamme chromatique infinie car paraissant monter (ou descendre suivant le sens des notes) infiniment sans jamais pouvoir atteindre de limite²⁶. En 1968, Risset réalise un *glissando* sans fin en dosant soigneusement l'enveloppe spectrale de sorte que les composantes

centrales soient renforcées et que les composantes graves et aiguës soient introduites ou éliminées très progressivement²⁷. Il l'utilise dans son œuvre *Computer Suite for Little Boy* (1968), dont le second mouvement « Fall » symbolise la chute de la bombe *Little Boy* sur Hiroshima ainsi que le *collapsus* du pilote d'avion Eatherly, responsable de son largage. Dans la première partie de cet extrait (fig. 4), jusqu'à la 70^e seconde environ, la chute est suggérée non seulement par un *glissando* sans fin qui descend lentement dans les graves (enchevêtrement de courbes hyperboliques dans la zone 0-1 000 Hz) mais aussi par une dizaine de *glissandi* rapides et isolés (lignes descendantes presque verticales). Dans la seconde partie, le *glissando* infini, qui est plus lent, est superposé à la gamme chromatique sans fin de Shepard dont les composantes spectrales se confondent avec les lignes du *glissando* dans le grave mais apparaissent clairement sous forme de points au-delà de 500 Hz. On peut parler d'illusion, expliquent Wessel et Risset, si la hauteur perçue est assimilée à la fréquence physique du son, car cette dernière donne alors l'impression de descendre sans cesse, ce qui ne peut être le cas sans que le son sorte du domaine audible²⁸. Mais même lorsqu'on sait que la hauteur dépend en réalité de deux attributs – la tonie et le chroma – et non de la fréquence physique, l'effet peut être classé parmi les illusions, car on est confronté à ce que Douglas Hofstadter nomme une boucle magique²⁹ : au lieu de percevoir une structure cyclique qui revient sans cesse à son point de départ, nous percevons plutôt un mouvement linéaire dans l'espace des hauteurs.

Fig. 4

Jean-Claude Risset, *Computer Suite for Little Boy* (2^e mouvement, réduction monophonique), sonogramme (0-6 000 Hz) réalisé avec le logiciel Audiosculpt (fenêtre de Hanning, 6 000 échantillons).

© CD Jean-Claude Risset, *Songs, Passages, Little Boy, Sud*, Wergo, WER 1013-50, 1988.

Paradoxe de hauteur

- 18 Un paradoxe désigne, d'une part, une pensée ou opinion contraire à l'opinion commune et, d'autre part, une antinomie, c'est-à-dire une contradiction entre deux idées. Le paradoxe du triton découvert et étudié par Deutsch porte bien son nom en ce sens qu'il ne reflète pas une erreur d'interprétation mais la variabilité de la perception suivant les auditeurs. Un même triton, construit suivant le principe des sons de Shepard, peut

en effet être interprété selon les individus de manière contradictoire, montant pour certains et descendant pour d'autres³⁰. En contrôlant séparément l'évolution du chroma et de la tonie, Risset est parvenu à confectionner un autre type de paradoxe : un son qui monte et descend à la fois dans l'espace hauteur, effet particulièrement insolite de par sa nature paradoxale. Dans « Contre-Apothéose », le troisième mouvement de sa *Computer Suite for Little Boy* (1968), le compositeur met en scène un *glissando* qui monte dans les aigus mais qui est finalement plus grave à la fin qu'au début. Dans *Mutations* (1969), il inverse le procédé (fig. 5). Après avoir exposé un long *glissando* ascendant sans fin concentré dans les graves (320-382 s), il l'étend sur tout le spectre (382- 450 s). À cet instant le *glissando* infini se transforme en *glissando* paradoxal : le sonagramme montre clairement que le chroma continue de « monter » (les composantes spectrales décrivent toujours des lignes ascendantes) mais que conjointement, la tonie « descend » (l'énergie se déplace vers les composantes spectrales les plus graves). En découle un son qui monte dans les aigus mais qui, à la fin, propose une sensation de hauteur bien plus grave qu'au début.

Fig. 5

Jean-Claude Risset, *Mutations* (5 min 20 s – 7 min 40 s, réduction monophonique), sonagramme (0-6 000 Hz) réalisé avec le logiciel Audiosculpt (fenêtre de Hanning, 6 000 échantillons).

© CD Jean-Claude Risset, *Sud, Dialogues, Inharmonique, Mutations*, Ina-GRM, INAC 1003, 1987.

Conclusion

- 19 Depuis la seconde moitié du ^{xx}e siècle, les illusions auditives sont devenues un sujet d'étude privilégié pour plusieurs chercheurs. On retrouve aussi souvent ce terme dans les écrits de compositeurs ou de musicologues. Pour autant, son emploi n'est pas systématiquement justifié, servant parfois à désigner des phénomènes sonores inhabituels qui, aussi insolites soient-ils, ne relèvent pas nécessairement de l'illusion. Par définition, l'illusion fait référence à une perception erronée d'une réalité considérée comme objective mais, comme nous avons pu le souligner, il n'est pas si évident de bien circonscrire ce qui est objectif. Face à un tel constat, nous avons donc cherché à établir une typologie relativement ouverte qui permet de répertorier et d'expliciter un vaste panel de phénomènes sonores qu'on pourrait qualifier d'insolites et parmi lesquels figurent ce que nous appelons les effets auditifs, et qui regroupent les

illusions et les paradoxes mais aussi les perceptions sans objets, les ambiguïtés et éventuellement d'autres sensations particulières.

- 20 Les phénomènes sonores insolites ont toujours fasciné les compositeurs qui ont cherché à les imiter avant de les placer, pour certains d'entre eux aux ^{xx}e et ^{xxi}e siècles, au cœur même de leur démarche compositionnelle. Chercher à mystifier les auditeurs, comme semble le faire Rhys Chatham dans *Narcissus Descending*, est une tendance qu'on retrouve dans bien des musiques, qu'elles soient écrites ou improvisées, du passé ou contemporaines, savantes ou populaires. « Faites d'abord vibrer les sens et vous ferez vibrer aussi le cœur ! Faites vibrer les gens grâce à l'inattendu, le mystérieux, l'inconnu et vous aurez l'émotion vraie, intense et profonde de l'âme ! », écrivait Luigi Russolo en 1916 dans son manifeste *L'Art des bruits*³¹. Qu'ils soient de nature physique (phénomène acoustique) ou perceptive (phénomène auditif), qu'ils relèvent de la singularité ou de l'effet « spécial », les phénomènes considérés comme insolites s'inscrivent dans une telle perspective. Il n'est donc pas surprenant que de plus en plus d'artistes, indépendamment des genres et esthétiques, cherchent à les explorer³².

NOTES

1. Tom Johnson, *The Voice of new music* (New York, 1972-1982, *The Village Voice*), Eindhoven, Het Apollohuis, 1989, p. 42-43. [En ligne] <http://www.editions75.com/Books/TheVoiceOfNewMusic.PDF> [consulté le 13 février 2015]. « Perhaps the most fascinating thing about this kind of one-note music is not the little changes which the composer causes in the sound, but the additional ones which somehow seem to happen in one's ear. Sometimes I found it hard [sic] to focus on some aspect of the sound which I knew, simply by the logic of what was going on, was acoustically present. Sometimes it was hard to tell if one thing was getting softer or if another thing was getting louder. Sometimes one of the overtones would change its color and it would sound like everything else was changing too. And often I could tell that something was changing, but would not be able to hear exactly what it was. Of course, it could be that as my ears become more accustomed to hearing music like this they will stop playing these weird tricks on me. But I have the feeling that illusions of this nature will always be created when pure electronic tones are sustained in a context of this nature. We know quite a bit about optical illusions, but I have never heard the term "aural illusions". For some reason no one seems very interested in these phenomena, but they certainly exist, at least in electronic pieces like this one. Maybe someday there will be a musical equivalent of Josef Albers, who will work out a theory to explain how they happen. In the meantime, we can just listen and be pleasantly mystified. »

2. François-Xavier Féron, *Des illusions auditives aux singularités du son et de la perception : l'impact de la psychoacoustique et des nouvelles technologies sur la création musicale au ^{xx}e siècle*, thèse de doctorat [non publiée], Université Paris-Sorbonne-Paris 4, 12 juin 2006.

3. George A. Miller et Joseph C. R. Licklider, « The intelligibility of interrupted speech », *Journal of the Acoustical Society of America*, n° 22, 1950, p. 167-173.

4. Richard M. Warren et Roslyn P. Warren, « Auditory Illusions and Confusions », *Scientific American*, vol. CCXXIII, n° 6, décembre 1970, p. 30-36.

5. Pour en savoir plus sur les recherches de Warren et consulter des exemples sonores, se référer à : Richard M. Warren, *Auditory Perception: An Analysis and Synthesis* (3^e édition), New York, Cambridge University Press, 2008. Auditory Perception Laboratory (University of Wisconsin). [En ligne] <http://www4.uwm.edu/APL/demonstrations.html> [consulté le 22 juillet 2015].
6. Jean-Claude Risset, « Composer le son : expériences avec l'ordinateur, 1964-1989 », *Contrechamps*, n° 11, « Musiques électroniques », 1990, p. 112.
7. Diana Deutsch, « An auditory illusion », *Nature*, n° 251, 1974, p. 307-309.
8. Diana Deutsch, *Musical Illusions and Paradoxes* [CD], Philomel Records, 001, 1995. Diana Deutsch, *Phantom Words and Other Curiosities* [CD], Philomel Records, 002, 2003. Pour en savoir plus sur les recherches de Diana Deutsch et consulter des exemples sonores, se référer à : Diana Deutsch (dir.), *The Psychology of Music* [3^e édition], San Diego, Academic Press, 2013. Diana Deutsch (University of California). [En ligne] <http://deutsch.ucsd.edu/psychology/pages.php?i=201> [consulté le 22 juillet 2015].
9. Pour en savoir plus sur les recherches d'Albert Bregman et consulter des exemples sonores, se référer à : Albert S. Bregman, *Auditory Scene Analysis. The Perceptual Organization of Sound*, Cambridge, A Bradford Book/MIT Press, 1990. Auditory Research Laboratory (McGill University). [En ligne] <http://webpages.mcgill.ca/staff/Group2/abregm1/web/> [consulté le 22 juillet 2015].
10. David L. Wessel et Jean-Claude Risset, « Les illusions auditives », in Claude Malric (dir.), *Musique et ordinateur* [Encyclopaedia Universalis, Encyclopaedia Universalis, 1979, p. 161-171.], Les Ulis, Centre expérimental du spectacle, 1983, p. 93-105.
11. David L. Wessel et Jean-Claude Risset, « Les illusions auditives », in Claude Malric (dir.), *Musique et ordinateur* [Encyclopaedia Universalis, Encyclopaedia Universalis, 1979, p. 161-171.], Les Ulis, Centre expérimental du spectacle, 1983, p. 94.
12. Steve McAdams, « L'utopie d'une psychoacoustique musicale », *Les Cahiers de l'IRCAM - Recherche et musique*, n° 4, « Utopies », 1993, p. 155-156.
13. David L. Wessel et Jean-Claude Risset, « Les illusions auditives », in Claude Malric (dir.), *Musique et ordinateur* [Encyclopaedia Universalis, Encyclopaedia Universalis, 1979, p. 161-171.], Les Ulis, Centre expérimental du spectacle, 1983, p. 94.
14. Jean-Claude Risset, « Illusions sonores et musicales » [« Les illusions musicales », *Pour la science*, hors-série, n° 39, « Les illusions des sens », 2003, p. 66-73], *Composer le son. Repères d'une exploration du monde sonore numérique. Écrits*, Paris, Hermann, 2014, vol. I, p. 182.
15. Jean-Claude Risset, « Illusions sonores et musicales » [« Les illusions musicales », *Pour la science*, hors-série, n° 39, « Les illusions des sens », 2003, p. 66-73], *Composer le son. Repères d'une exploration du monde sonore numérique. Écrits*, Paris, Hermann, 2014, vol. I, p. 183.
16. David L. Wessel et Jean-Claude Risset, « Les illusions auditives », in Claude Malric (dir.), *Musique et ordinateur* [Encyclopaedia Universalis, Encyclopaedia Universalis, 1979, p. 161-171.], Les Ulis, Centre expérimental du spectacle, 1983, p. 93-105.
17. John Pierce, *Le Son musical. Musique, acoustique et informatique* [The Science of Musical Sound, San Francisco, W. H. Freeman and Company, 1983], trad. de l'anglais par Françoise Berquier, Paris, Pour la science/Belin, « L'univers des sciences », 1984.
18. Jean-Claude Risset, « Illusions sonores et musicales » [« Les illusions musicales », *Pour la science*, hors-série, n° 39, « Les illusions des sens », 2003, p. 66-73], *Composer le son. Repères d'une exploration du monde sonore numérique. Écrits*, Paris, Hermann, 2014, vol. I, p. 181-192.
19. Jacques Ninio, *La Science des illusions*, Paris, Odile Jacob, 1998.
20. Jacques Ninio, *La Science des illusions*, Paris, Odile Jacob, 1998, p. 13.
21. CD édité par Hugo Zemp, *Les Voix du monde. Une anthologie des expressions vocales*, Le chant du monde, CMX 374 1010.12, 1996.
22. Jens Blauert, *Spatial Hearing. The Psychophysics of Human Sound Localization* [Räumliches Hören, Stuttgart, S. Hirzel Verlag, 1974], trad. de l'allemand par John Allen, Cambridge, MIT Press, éd. révisée, 1983, 1997, p. 2.

23. Jean-François Augoyard et Henry Torgue, *À l'écoute de l'environnement. Répertoire des effets sonores*, Marseille, Parenthèses, 1995, p. 10.
 24. Lionel S. Penrose et Roger Penrose, « Impossible object, a special type of visual illusion », *British Journal of Psychology*, n° 49, 1958, p. 31-33.
 25. François-Xavier Féron, « L'art du trompe-l'oreille rythmique », *Intermédialités : histoire et théorie des arts, des lettres et des techniques*, n° 16, « Rythmer/Rhythmize », 2010, p. 145-165. [En ligne] <http://www.erudit.org/revue/im/2010/v/n16/1001960ar.pdf> [consulté le 22 juillet 2015].
 26. Roger N. Shepard, « Circularity in judgements of relative pitch », *Journal of the Acoustical Society of America*, vol. XXXVI, n° 12, décembre 1964, p. 2345-2353.
 27. Jean-Claude Risset, « Paradoxes de hauteur », n° 10, Paris, IRCAM/Centre Pompidou, « Rapports de recherche - IRCAM », 1978.
 28. David L. Wessel et Jean-Claude Risset, « Les illusions auditives », in Claude Malric (dir.), *Musique et ordinateur [Encyclopaedia Universalis, Encyclopaedia Universalis, 1979, p. 161-171.]*, Les Ulis, Centre expérimental du spectacle, 1983, p. 100.
 29. Douglas R. Hofstadter, *Gödel, Escher, Bach. Les brins d'une guirlande éternelle [An Eternal Golden Braid]*, New York, Basic Book, 1979], trad. de l'anglais par Jacqueline Henry et Robert French, Paris, Dunod, 2000.
 30. Diana Deutsch, « A musical paradox », *Music Perception*, vol. III, n° 3, 1986, p. 275-280.
 31. Luigi Russolo, *L'Art des bruits* [1916], édition établie et présentée par Giovanni Lista, Lausanne, L'Âge d'Homme, 2001, p. 105.
 32. Nous pensons notamment à Jean-Claude Risset, John Chowning, James Tenney, György Ligeti, Karlheinz Stockhausen, Jonathan Harvey, Alvin Lucier, Ryoji Ikeda, aux compositeurs minimalistes et spectraux...
-

RÉSUMÉS

Les illusions auditives ont commencé à susciter l'intérêt des communautés scientifiques et musicales, essentiellement à partir de la seconde moitié du xx^e siècle. Par définition, l'illusion fait référence à une perception erronée d'une réalité considérée comme objective mais ce terme sert, de manière plus générale, à dépeindre toute une variété de phénomènes sonores étranges ou mystificateurs mais pas nécessairement illusoire, en ce sens qu'ils ne révèlent pas systématiquement une disjonction entre ce qui devrait être « normalement » perçu et ce qui est « réellement » perçu. Cet article a pour objectif de mieux circonscrire la notion d'illusion auditive. Pour cela nous reviendrons brièvement, dans une perspective historique, sur les recherches menées dans ce domaine. Nous nous intéresserons alors à la manière dont les illusions ont été formalisées et catégorisées par quelques scientifiques avant de décrire notre propre typologie qui vise à embrasser l'ensemble des phénomènes sonores de nature insolite. Parmi eux figurent les illusions mais aussi les paradoxes, deux effets auditifs que nous illustrerons à travers des exemples musicaux de Jean-Claude Risset.

INDEX

Mots-clés : illusion auditive, paradoxe auditif, catégorisation, musique, Jean-Claude Risset

AUTEUR

FRANÇOIS-XAVIER FÉRON

François-Xavier Féron est titulaire d'un master en acoustique musicale (Université Paris 6) et d'un doctorat en musicologie (Université Paris 4). Après avoir enseigné à l'université de Nantes (2006-2007), il a été chercheur postdoctoral tout d'abord en psychoacoustique au Centre for Interdisciplinary Research in Music Media and Technology – CIRMMT (Montréal, 2008-2009), puis en musicologie à l'Institut de recherche et coordination acoustique/musique – IRCAM (Paris, 2009-2013). En 2013, il intègre le CNRS en tant que chargé de recherche et rejoint le Laboratoire bordelais de recherche en informatique. Ses recherches se concentrent sur la musique contemporaine et sur les interactions entre art, science et technologie.