



# La Dimension Sonore des Grottes Préhistoriques à Peintures

Iégor Reznikoff

## ► To cite this version:

Iégor Reznikoff. La Dimension Sonore des Grottes Préhistoriques à Peintures. 10ème Congrès Français d'Acoustique, Apr 2010, Lyon, France. hal-00534626

**HAL Id: hal-00534626**

**<https://hal.science/hal-00534626>**

Submitted on 10 Nov 2010

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# 10ème Congrès Français d'Acoustique

Lyon, 12-16 Avril 2010

## La Dimension Sonore des Grottes Préhistoriques à Peintures

Iégor Reznikoff

Université de Paris-Ouest, F-92001 Nanterre, dominiqueleconte@yahoo.fr

Nous avons pu établir, depuis 1983, que dans plusieurs grottes à peintures du paléolithique, il y avait un rapport étroit entre les emplacements des peintures dans la grotte et la valeur sonore (qualité acoustique) de ces emplacements. D'une façon générale, on peut dire que c'est à proximité des endroits les plus sonores que l'on trouve le plus de peintures. Dans certaines grottes, la densité des images est proportionnelle à la qualité acoustique (mesurée p.ex. en durée de résonance ou nombre d'échos). Nous avons récemment étudié (2008 et 2009) la grotte Kapova dans l'Oural, aux qualités sonores remarquables. Ces résultats ont évidemment une grande importance pour l'étude de l'art et des sociétés paléolithiques. Mais, d'autre part, quant à l'approche acoustique, beaucoup de problèmes se posent : définition objective de ce que peut être une qualité acoustique, mesures pertinentes etc., en particulier en rapport avec la dimension anthropologique de ces études faites à la voix.

### 1 Introduction

Dans un espace donné, l'acoustique diffère suivant les différentes parties de cet espace ; ainsi dans les grottes souterraines, la résonance d'une grande salle peut être très différente de celle d'un tunnel étroit ou d'une niche. De plus, la résonance dépend de la nature du sol, des parois ou des plafonds voûtés, que ce soit de la pierre dure, de la terre ou de l'argile. Ceci est une évidence mais prend un sens tout particulier dans le cas de grottes ornées. La question se pose naturellement : *les peintures étant en tel ou tel endroit, y a-t-il une relation entre leurs emplacements et la qualité de la résonance en ces emplacements dans la grotte ?*

Depuis 1983, beaucoup d'études ont été menées dans des grottes du paléolithique ornées de peintures, gravures, signes divers, d'une époque allant d'env. – 30 000 à env. – 14 000. Ces études se sont révélées très positives. Pour le dire simplement : les peintures sont principalement situées dans les endroits les plus sonores des grottes (voir [3, 4, 6, 8] et [7] où d'autres études archéo-acoustiques sont mentionnées).

Voici quelques exemples remarquables. (a) Dans la grotte de Niaux (Ariège), la majeure partie des peintures est située dans le *Salon Noir* qui sonne comme une chapelle romane. (b) Dans la grotte d'Arcy-sur-Cure (Bourgogne), dans la partie de la grotte qui contient des signes témoignant d'une activité humaine, la densité des peintures est proportionnelle à l'intensité de la résonance (mesurée, p.ex. en nombre d'échos). (c) Dans la plupart des grottes, des niches très sonores sont ornées ou en rapport direct avec des peintures. (d) Dans la grotte du Portel (Ariège), le long de la galerie James, l'emplacement des peintures correspond exactement aux ventres acoustiques et aux harmoniques de la résonance [6, p.45]. (e) Dans de nombreux tunnels étroits, où l'on doit ramper et où il n'y a pas de peintures, il y a des *points rouges* à l'endroit précis du maximum de résonance du tunnel. (f) Souvent, en face d'un tel tunnel résonnant ou d'une niche qui fait sonner une grande partie de la grotte, se trouvent des peintures manifestement en rapport avec le tunnel ou la niche.

Une étude systématique de plusieurs grottes montre que ces coïncidences ne sont pas dues au hasard, particulièrement en ce qui concerne les points rouges (ex. (e) ci-dessus), les rapports de probabilités sont très élevés car ces points sont en corrélation précise avec les maxima de résonance [7, p.79]. Ceci démontre l'acuité de la perception sonore des tribus qui ont décoré les grottes et leur utilisation des effets de la résonance. En fait, on peut montrer que dans l'exploration et la découverte d'une grotte, dans la quasi obscurité, le son de la voix et une fine perception de la résonance sont nécessaires (voir ci-dessous 2. *Le son comme sonar*)

À part les aspects acoustiques, ces résultats sont importants des points de vue préhistoriques, anthropologiques, culturels, artistiques et musicaux. Ils donnent les meilleurs arguments quant à l'aspect rituel des peintures et des grottes ornées. Comme on le verra, pour l'exploration des grottes, des voix masculines sont nécessaires mais ceci n'exclut pas des voix de femmes lors de rituels où des instruments musicaux pouvaient être également utilisés. C'était certainement le cas dans la grotte d'Isturitz (Pays Basque) où des flûtes en os ont été découvertes (voir [1]) dans la salle très sonore décorée par un pilier remarquablement gravé [6, p.54].

Dans l'étude qui suit, nous allons nous concentrer essentiellement sur l'aspect acoustique. On examinera les points suivants :

2. L'utilisation du son comme sonar et de la résonance comme repère.
3. Quels sons ?
4. La notion de résonance forte ; comment la mesurer ?
5. Formulation précise des résultats.
6. La notion de résonance élargie.

### 2 Le son comme sonar

Dans une exploration de la grotte dans des conditions similaires à celles des temps préhistoriques, sans électricité, la plupart du temps avec de petites lampes à huile qui ne donnent qu'une faible lumière ou, au mieux, dans des espaces assez larges, avec des torches (inutilisables dans les

passages étroits), les environs à seulement quelques mètres sont dans l'obscurité presque totale. Et la question se pose : dans quelle direction avancer ? Comme le son porte beaucoup plus loin qu'une petite lumière, particulièrement dans un environnement rocaillieux irrégulier, la seule possibilité d'avancer dans la grotte et de l'explorer est d'utiliser la voix et les effets de résonance, en particulier l'écho. En effet, la résonance répond et l'on peut entendre d'où vient la réponse, à quelle distance elle se situe et estimer son intensité, d'où une idée approximative de la direction et de l'espace vers lequel on avance. Il est naturel alors d'aller dans la direction de la meilleure résonance obtenue. Dans plusieurs grottes, comme à Rouffignac (Dordogne) ou Arcy-sur-Cure, en procédant ainsi, on est amené naturellement vers des peintures. En rampant dans un tunnel étroit, même une petite lampe à huile est d'utilisation aléatoire, la voix permet alors d'avancer avec un minimum de sécurité : un trou dans le sol se révèle par son écho et son alarmante réponse. Une oreille exercée – celle des hommes vivant près de la nature – fonctionne comme un sonar, aussi simple soit-il. La voix est donc utilisée comme un moyen d'écholocalisation. Comme on l'a remarqué en (e) ci-dessus, dans les tunnels étroits, des points rouges apparaissent exactement aux maxima de résonance : cela montre l'importance de cet effet pour ceux qui exploraient la grotte. Certes, ils ne faisaient pas une étude acoustique de la grotte, mais progressant en faisant des sons, ils devaient s'arrêter à l'endroit le plus sonore et le marquer d'un point d'ocre rouge comme un repère sonore pour une exploration ultérieure ou possiblement un rituel, un chemin d'initiation dans cette intimité avec le sol, la terre, les ténèbres et la profondeur sonore (au point de résonance), tout en rampant dans le boyau étroit. Étant donné la relation forte entre la résonance et les peintures (ou autres ornements), celles-ci peuvent donc être vues comme des *repères* de résonance ; ceci suggère une dimension nouvelle de l'Acoustique que la préhistoire nous a révélée.

### 3 Quels sons ?

Au cours de l'exploration des grottes, il devient vite évident que dans l'écholocalisation, la voix est l'outil le mieux adapté, non seulement lors d'une progression dans un boyau étroit car il est hors de question, en rampant, d'utiliser un instrument, mais aussi parce que la voix peut immédiatement s'adapter aux divers hauteurs nécessaires pour découvrir la résonance et les échos. La voix est utilisée comme dans un dialogue, les réponses venant de diverses parties de la grotte. Pour cette exploration de la résonance, une voix masculine est préférable, à cause de sa tessiture plus basse et sa puissance. Cependant, dans des niches ou tunnels, un simple *mm* peut suffire. En général, dans un intervalle de quinte d'une voix d'homme, la fondamentale de la résonance ou un harmonique fort de celle-ci, caractéristique de la résonance, se trouve facilement, en chantant simplement la voyelle *o* ou, comme indiqué, un simple *mm*. Quelquefois, dans des petites niches, une simple vibration crânienne (sur *mm* ou, mieux, *hm*, avec une légère expiration) suffit, car dans la résonance le son est fortement amplifié. La pratique, avec un peu d'expérience, est aisée ; quand la bonne hauteur est trouvée, la réponse – par définition de la résonance – est remarquable. Pour explorer la grotte de cette façon, une voix de femme, généralement, n'est pas adaptée, surtout dans les passages

étroits : les sons hauts sont rapidement amortis. Mais, comme il a été vu, dans des grandes salles, des voix de femmes peuvent très bien sonner. Pour conclure, nous faisons donc la distinction entre (i) des sons nécessaires dans l'invention de la grotte, c'est-à-dire des sons fonctionnels, et, lorsque les meilleurs lieux sonores pour les peintures, célébrations et rituels ont été découverts, (ii) les sons dédiés à ce propos. Pour (i) les voix d'hommes sont nécessaires, pour (ii), toutes les voix et instruments (tambours, flûtes, rhombes) peuvent être utilisés.

Une utilisation très remarquable du son de la voix est celle qui va s'adapter à la résonance de certaines niches. Avec, comme il a été dit plus haut, de simples *hmm*, fortement expirés, des niches peuvent produire de très impressionnants sons ou littéralement beuglements de bisons qui font résonner de très larges parties de grottes. C'est ce que nous appelons un *effet bison*. D'autres enfoncements permettent d'imiter, relativement facilement, des hennissements de chevaux (l'auteur n'est, hélas, pas expert en barrissements de mammoths !). Il est intéressant de remarquer que dans la pratique chamanique, l'imitation des cris d'animaux est une des étapes nécessaires au dépassement de l'état de conscience personnel, habituel, afin de rentrer dans des états de conscience plus profonds.

### 4 La notion de résonance forte et comment la mesurer

Pour formuler les résultats, nous utilisons les expressions *résonance remarquable* ou *les lieux les plus sonores*. Ces notions doivent être précisées. Quand un son est en résonance avec une partie de la grotte, l'effet de la résonance est évident : toute une partie de la grotte répond et sonne fortement, incomparablement « plus fort » que le son initial. Malgré le contraste évident entre l'intensité du son initial et l'intensité du son résultant, des acousticiens m'ont dénié la réalité de cette impression avec l'argument que les énergies initiales et résultantes doivent être les mêmes. Ils ont oublié l'histoire classique du pont qui s'effondre ! L'impression d'un son résultant très intense est due à la concentration de l'énergie sur une fréquence sélectionnée par la résonance et aux puissantes ondes stationnaires qui se forment. Cependant, ce processus est complexe ; la concentration de l'énergie sur une fréquence à cause de sa puissance et de l'homogénéité peut produire des phénomènes variés, p.ex. de saturation, si bien que les mesures deviennent trompeuses. L'auteur, musicien et mathématicien, n'est pas acousticien de métier ; il y a certainement des problèmes théoriques et pratiques à clarifier et résoudre. Dans notre approche, pour formuler les résultats plus précisément, nous avons introduit la notion de *résonance forte*. Dans une telle résonance, (i) l'intensité du son augmente en moyenne de 15 Db (mesurés avec un sonomètre Aclan SDN 80F), cette intensité augmente beaucoup plus dans une fréquence précise, ou (ii) la résonance dure au moins 4 secondes, ou (iii) la résonance dans la grotte est entendue fortement au-delà de 30 m, ou (iv) il y a au moins 5 échos. Dernièrement, nous avons privilégié ce quatrième critère ; dans la grotte d'Arcy, on arrive à 7 échos, dans la grotte Kapova (Oural sud), jusqu'à 9 - 10 échos, ce qui est très remarquable. La notion de résonance a dû être élargie pour certaines grottes (voir 6). Un sonomètre indiquant l'intensité des diverses fréquences et sons harmoniques pourrait aider à bien préciser ces notions.

L'étude acoustique a été menée (a) *vocalement*, au sens le plus large : vibrations sonores du corps et de la voix dans un registre du *Do1* (moyen) au *Sol3*, complétées avec des sons harmoniques produits par technique dite diphonique ou des sifflets jusqu'au *Sol5* ; (b) à l'*écoute* (avec toutefois un diapason *La440* pour préciser les hauteurs). L'intensité vocale maximale se situe entre 90 et 100 Db à la source, en particulier pour les effets d'échos, mais, comme il a été remarqué, de faibles intensités, p.ex. dans les niches, sont souvent suffisantes.

Il faut insister sur le fait que la perception humaine exercée, l'écoute et la perception corporelle des vibrations, permettent une évaluation très fine et une approche incomparable dans ce genre de pratique. Le travail vocal est aussi indispensable si on veut considérer l'aspect *anthropologique* d'une telle étude et pas seulement les aspects géophysiques et acoustiques. L'approche à la voix permet un travail subtil qui révèle des aspects inattendus, p.ex. l'*effet bison* et l'imitation des sons d'animaux. Les arguments sur la précision d'une oreille exercée ont convaincu acousticiens et musiciens. Cependant, une étude acoustique appropriée apporterait sans doute des précisions et peut-être de nouvelles découvertes. Toutefois, l'utilisation de machines produisant un bruit blanc au spectre large et dense de fréquence (voir [2]), n'est pas du tout satisfaisante ; en effet, des effets de saturation apparaissent nécessairement et les conclusions peuvent être trompeuses, en particulier dans les endroits très fortement résonnants et les niches.

## 5 Formulation précise des résultats

Avec les notions de résonance forte introduites ci-dessus et la notion correspondante de *lieu sonore* (où la résonance est forte), il est possible de formuler les résultats suivants :

Résultat 1 - *La majeure partie des peintures est située dans les lieux sonores, ou à proximité immédiate de ceux-ci.*

Une peinture nécessite évidemment un espace approprié (non nécessaire pour un simple signe, p.ex. un point rouge). A *proximité immédiate* signifie qu'il s'agit d'un endroit à moins de 2 m pour une galerie d'environ 50 m ou plus (mais moins pour les petites galeries), ou bien d'un endroit situé à l'exact opposé du lieu sonore (voir ex. (f) dans l'*Introduction*). L'expression *la majeure partie* renvoie à une indispensable étude statistique. A Niaux, le Résultat 1 est vérifié jusqu'à plus de 80 % (car la plupart des peintures est dans le *Salon Noir*), il est vérifié, dans une proportion analogue, au Portel, à Arcy, Oxocelhaya (Pays Basque) ou dans la Kapova. Nous n'aborderons pas ici l'étude statistique (voir [7]).

On peut affiner la qualité de la résonance en introduisant diverses intensités (voir la carte de la grotte du Portel dans [8]). On peut alors formuler le

Résultat 1' - *La densité des peintures dans un emplacement est proportionnelle à l'intensité de la résonance dans cet emplacement.*

L'exemple (b) de l'*Introduction* illustre ce résultat : à Arcy-sur-Cure, dans la partie principale de la grotte, la densité des peintures est proportionnelle au nombre des échos (de 2 à 7, voir [6, p.47]). On a un résultat analogue dans la grotte Kapova.

Inversement, on ne peut espérer que tous les endroits sonores soient peints, il y a en général de trop nombreux endroits sonores et souvent inappropriés ou inaccessibles. Un lieu sonore *idéal* est un lieu de résonance forte approprié pour la peinture. Ceci nous amène au

Résultat 2 - *Les lieux sonores idéaux sont ornés.*

Finalement, nous avons, illustré par l'exemple (e) de l'*Introduction*, le dernier Résultat.

Résultat 3 - *Certains signes ont une signification purement sonore.*

Ces résultats donnent une compréhension précise du rapport entre les peintures ou autres ornements et les lieux sonores des grottes étudiées.

Il est intéressant de remarquer que dans la grotte Kapova (Choulgan-Tach) dans le sud de l'Oural, grotte si éloignée de celles de France et d'Espagne, on retrouve les mêmes résultats.

## 6 La notion de résonance élargie

Dans certaines grottes, le rapport peintures / son nécessite, pour être valable, une extension de la notion de résonance : il faut introduire les sons que l'on peut produire avec des stalactites ou des draperies. Par exemple, dans la galerie Larribau de la grotte d'Isturitz-Oxocelhaya, des peintures ou gravures sont situées dans des endroits non sonores mais à côté de draperies qui le sont. Les stalactites et draperies apparaissent donc comme des lithophones ; on peut, dans certains cas, montrer qu'ils ont été utilisés comme tels à l'époque paléolithique.

Nous avons par ailleurs étudié les peintures sur rochers (3000 – 1500 avant J.C.) en plein air et leur rapport avec les lieux de résonance environnants ; il s'agit dans ce cas des effets d'échos. Des résultats intéressants ont été obtenus, cependant nous n'aborderons pas ici ces études particulièrement difficiles à mener (espace, distances, météorologie).

## Références

- [1] Buisson D., "Les flûtes paléolithiques d'Isturitz", *Bulletin de la Société Préhistorique Française*, 87/10-12, Paris, 420-432 (1990).
- [2] Dauvois M. & Boutillon X., "Caractérisation acoustique des grottes ornées paléolithiques et de leurs lithophones naturels", in C. Homo-Lechner et al. eds, *La Pluridisciplinarité en Archéologie Musicale*, IVe Rencontres internationales d'archéologie musicale de l'ICTM, Saint-Germain-en-Laye, 1990, Paris, 209-251 (1994).
- [3] Reznikoff I., "Sur la dimension sonore des grottes à peinture du Paléolithique", *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, 304, série II/3, Paris, 153-156 (1987).
- [4] Reznikoff I., "Sur la dimension sonore des grottes à peinture du Paléolithique (suite)", *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, 305, série II, Paris, 307-310 (1987).
- [5] Reznikoff I., "On the sound dimension of prehistoric painted caves and rocks", *Musical Signification*:

*Essays on the Semiotic Theory and Analysis of Music*, E. Tarasti ed. (Approaches to Semiotics 121), New-York, 541-557 (1995).

- [6] Reznikoff I., "Prehistoric Paintings, Sound and Rocks" in *Studien zur Musikarchäologie III: Papers from the 2<sup>nd</sup> International Symposium on Music Archaeology*, Monastery Michaelstein (Germany), 2000, E. Hickmann ed. (Orient-Archäologie 107), Berlin, Rahden, 39-56 (2002).
- [7] Reznikoff I., "The evidence of the use of sound resonance from Palaeolithic to Medieval Times", *Archaeoacoustics*, C.Scarre & G.Lawson ed., University of Cambridge, Cambridge, 77-84 ( 2006).
- [8] Reznikoff I. & Dauvois M., "La dimension sonore des grottes ornées", *Bulletin de la Société Préhistorique Française*, 85/8, Paris, 238-246 (1988).