

MUNIBE (Antropologia-Arkeologia) 57	Homenaje a Jesús Altuna	225-241	SAN SEBASTIAN	2005	ISSN 1132-2217
-------------------------------------	-------------------------	---------	---------------	------	----------------

## Homo musicus palaeolithicus et Palaeoacustica

### *Homo musicus palaeolithicus y la Paleoacústica*

**MOTS CLÉS:** Flûte, Isturitz, lithophone, paléoacoustique, phalange sifflante, racleur, résonance, rhombe, sifflet.  
**PALABRAS CLAVE:** Flauta, Isturitz, litófono, paleoacústica, falange silvante, resonancia, rombo, silbo.

**Michel DAUVOIS\***

#### RÉSUMÉ

La reconnaissance du domaine sonore paléolithique fonde sa validité sur l'étude acoustique des formes reconnues par comparaison ethnomusicologique, l'expérimentation, instrumentale comme *in vivo*, la modélisation. La grotte d'Isturitz est le seul gisement donnant des flûtes à chaque niveau du Paléolithique supérieur, autorisant un regard d'ensemble sur la facture de ces instruments durant pratiquement vingt cinq millénaires.

#### RESUMEN

El reconocimiento del ámbito sonoro paleolítico basa su validez en el estudio acústico, mediante comparación etnomusicológica, tanto a través de la experimentación instrumental, *in vivo*, como la modelización de las formas reconocidas. La gruta de Isturitz es el único yacimiento que da flauta a cada nivel del Paleolítico superior, aportando una visión global de la factura de dichos instrumentos durante, prácticamente, veinticinco milenios.

#### LABURPENA

Paleolitoko esparru soinduna ezagutzearen baliozkotasuna azterketa akustikoan oinarritzen da, alderaketa etnomusikologikoaren bidez, bai bizian egindako esperimentazio musikalaren bitartez, bai forma ezagunen ereduak eginez. Isturitzeko haitzuloa goi Paleolitoko maila bakoitzean txirula ematen duen aztarnategi bakarra da, tresna horiek, ia hogeita bost milurtekotan zehar, izan zuten fakturaren ikuspegi globala eskainiz.

Les archétypes sonores et rythmiques de l'homme se trouvent tous dans la nature. Beaucoup des manifestations extérieures comme intérieures ont une expression acoustique. Une des formes de la reconnaissance entre espèces animales est l'émergence d'un signal sonore plus ou moins élaboré, le chant des oiseaux se situe, chez certains, dans un registre de grande complexité et d'individualisation. La reconnaissance, l'identification, la *signature acoustique* sont tout aussi vitales à l'homme dont l'expression vocalique est la plus variée du monde vivant. Au fur et à mesure de son évolution n'allait-il pas chercher à dépasser sa propre *tessiture*, son *timbre*, en utilisant des objets propres à produire du son et qu'il façonnerait à cet effet?

La première forme d'instrument sonore paléolithique reconnue par les préhistoriens fut la phalange de Renne sifflante à Aurignac en 1860 (fig. 1, 15). C'était alors un objet nouveau quand la flûte se reconnaît aisément (Isturitz, 1913) tout comme le rhombe (Lalinde, 1930), au lieu que l'espace sonore des grottes ornées et leurs lithophones naturels ne se révèlent que récemment. Il faut bien considérer que n'ont subsisté que les témoins résistant archéologiquement, ce qui donne nécessairement une image restreinte de ce type d'objets et élimine des instruments qui normalement devaient accompagner ceux reconnus, comme par exemple les percussions utilisant la peau tendue, le cor fait d'une corne d'aurochs, de bison, de

\* MICHEL DAUVOIS, Institut de Paléontologie Humaine, Paris; Istituto Italiano di Paleontologia Umana, Roma.

bouquetin, trompette d'écorce de bouleau, etc., Il convient aussi de faire un effort particulier pour, de nos jours, se resituer dans des conditions où seuls les bruits de nature forment l'environnement sonore normal comme aux temps paléolithiques et où la symbiose homme/animal est naturelle. L'exploration de l'étendue des possibilités instrumentales paléolithiques dépendent des capacités de l'expérimentateur tout comme l'art pariétal est plus sensible à qui sait dessiner et peindre. Quand un objet archéologique est trop fragile ou trop fragmenté, sa réplique est nécessaire par les voies d'une restitution respectant les impératifs de la période considérée.

Dans les débuts des recherches préhistoriques, on eut certes trop tendance à voir des sifflets dans chaque phalange présentant une quelconque perforation alors que les traces animales sont fréquentes sur les témoins de la faune quaternaire, comme celles laissées par les cuspidés dentaires des carnivores. L'action humaine de désarticulation, de décarnisation, de transformation, se reconnaît à des stigmates bien distinctes qui ne se peuvent confondre. Sur les phalanges sifflantes, les traces animales précèdent toujours celles de l'homme. Il n'est pas impossible que l'attraction de l'homme préhistorique pour le pied du renne vienne du fait que la marche naturelle de cet animal s'accompagne d'une sorte de roulement de castagnette engendré par les tendons.

Un son se définit par son spectre fréquentiel exprimé en Hertz (Hz), sa durée, sa dynamique. Une bonne représentation de l'analyse des composants des sons se fait par le *sonagramme* montrant bien les différences essentielles de structure entre un bruit (fréquences indifférenciées) et les sons organisés ou périodiques composés de *partiels* (lithophone des grottes: fig. 5, 4) ou d'*harmoniques* (multiples entiers de la composante la plus grave: le *fondamental*: fig. 1, 5). Les sons *entretenus* produits par la voix ou un instrument à vent comme la flûte, sont constitués de composants harmoniques; les sons *impulsionnels* (choc par exemple) sont formés de partiels inharmoniques. Ces différences participent du *timbre* propre à chaque son dont ainsi la coloration diffère. En augmentant l'intensité d'un son émis par la voix ou un instrument à vent par exemple, ce son s'enrichit en harmoniques. Le grand pouvoir séparateur de l'oreille humaine favorise la reconnaissance de la moindre nuance sonore et l'assiste singulièrement dans sa position au sein de la nature, il fallait bien qu'il en fût ainsi pour qu'il durât dans l'inhospitalier univers de ses origines.

L'analyse des sons issus de l'univers sonore paléolithique ou *paléoacoustique* permet d'atteindre par delà le temps et avec certitude la fréquence, c'est à dire la hauteur du son, son timbre. Nous ne pouvons corrélérer à cela ni l'intensité, ni la rythmique, ni l'enchaînement qui demeurent à jamais inconnues. Au reste il n'a jamais été question de restituer la moindre musique préhistorique, en revanche nous pouvons donner des exemples des possibilités offertes par ces instruments. Il est déjà fondamental d'observer comment l'homme préhistorique a su tirer profit des propriétés de résonance d'une cavité et d'en maîtriser certains paramètres comme l'intervalle entre les trous d'une flûte, l'ajustement de la longueur de cet instrument, dont on constate que la facture n'a pas varié fondamentalement jusqu'à nos jours.

L'homme chasse généralement un gibier dont les qualités d'endurance, de méfiance, de vélocité sont supérieures aux siennes, il ne lui échappe pas non plus que certaines espèces animales profitent des aptitudes des autres dans leur propre chasse. L'organisation hiérarchique du loup, ses ressources vocaliques ne pouvaient que prédisposer cet animal à un rapprochement avec l'homme. Le renne, si fondamentalement nécessaire à l'homme compose le dernier élément de cette triade dont les éléments vivent certainement dans une mutuelle dépendance depuis plus de temps qu'on ne le pense habituellement. Dans sa pratique du courre des cervidés, le loup de tête parvenant à la hauteur de la proie, essaie de la mordre aux pattes arrières, finalement déséquilibre l'animal d'un coup d'épaule et s'élance au garrot pour une mise à mort rapide afin d'éviter les coups de sabots mortels.

## PHALANGES SIFFLANTES

Mordue en milieu de gueule du loup, la base de la patte de renne n'est pas broyée, elle reste coincée par les premières prémolaires supérieures et inférieures placées en quinconce derrière les canines. Même gueule fermée ces dents ne sont pas jointives au contraire des carnassières. C'est ainsi que certaines phalanges ont des traces de morsures (fig. 1, 4, 8, 9), qui se présentent sous forme d'éraflures, d'enfoncements de la table osseuse (fig. 1, 12) allant jusqu'à la formation d'une rondelle ou de plusieurs fragments (fig. 1, 8). Ces lésions vont jusqu'à la perforation, préférentiellement dans la zone de moindre épaisseur de la face postérieure, au contact de la paroi épiphysaire de l'articulation supérieure de cette première pha-

lange de renne, mettant ainsi la cavité naturelle en contact avec l'extérieur. En raison de la structure osseuse, l'enfoncement de l'os provoque une rupture qui part obliquement de la surface externe vers la surface interne engendrant un biseau (fig. 1, 14) qui favorisera le fonctionnement acoustique si la phalange devient sifflet. C'est donc un choix précis qu'opère l'homme préhistorique durant le paléolithique supérieur et au moins une partie du moustérien d'une phalange de renne préalablement mordue dont très souvent il régularisera le trou ou l'agrandira (fig. 1, 2). Bien entendu toutes les phalanges mordues et perforées ne sifflent pas, soit que le trou soit trop petit, trop grand ou mal placé, mais il est possible aussi que la perforation d'origine animale soit suffisamment grande et régulière pour donner d'emblée à la phalange les qualités d'un sifflet. Un certain lustré d'usage marque les surfaces des phalanges sifflantes et particulièrement le bord du trou. On remarquera que sur l'ensemble des gisements d'Europe ces phalanges sifflantes, tout comme les autres objets sonores, demeurent rares, voire très rares. En outre l'homme obtient des sifflements de fréquences analogues en utilisant convenablement ses doigts, sa langue, ses dents, son souffle. Ainsi est née le langage sifflé encore connu dans la vallée d'Aas en Ossau comprenant de véritables phrases, communication particulièrement bien adaptée à la montagne.

La cavité d'une phalange de renne, tout comme la cavité buccale humaine, est un résonateur de Helmholtz, la production du son repose sur l'interaction entre le jet d'air formé entre les lèvres de l'instrumentiste et les résonances du sifflet. Le fonctionnement acoustique de la phalange sifflante s'appuie sur le trinôme lame d'air/biseau/résonateur. La plus basse fréquence de résonance d'un volume ouvert par un trou résulte de la compression périodique de l'air qui y est contenu : cette résonance ne faisant pas intervenir de propagation d'onde interne est connue sous le nom de résonance de Helmholtz. Des fréquences plus élevées engendrent des résonances associées à la propagation d'ondes longitudinales dans la cavité. Une résonance transversale apparaît en augmentant encore les fréquences. Elle peut atteindre 20 000 Hz, elle est alors très sensible à l'oreille canine (de nos jours le sifflet ultrasonore entre dans le dressage des chiens). La pression du souffle, la position des lèvres, déterminent quelle résonance peut, préférentiellement, être excitée et ainsi moduler le son (fig. 1, 6). Avec une phalange sifflante on produit des sons variés en hauteur, en

intensité et en modes de jeu: sifflement continu, roulements, modulations... L'ambitus avoisine parfois l'octave. On souffle longitudinalement dans une phalange sifflante, mais aussi latéralement comme dans une flûte traversière ou encore par le nez. Un trou peu régulier ne gêne pas l'émission des sons.

L'analyse de sons montre deux composantes principales : l'élément purement harmonique et le bruit de souffle, associé à la turbulence (fig. 1, 5). Ce bruit à large bande est modulé par les diverses résonances de la phalange. À cause des dimensions restreintes de cette dernière les sons fondamentaux émis se situent toujours entre 1 800 et 3 600 Hz, précisément dans la zone de plus grande sensibilité de l'oreille humaine. Les secondes phalanges de renne, plus courtes, émettent des sons plus élevés (fig. 1, 9). Dans le milieu naturel de la forêt finlandaise les sons produits par une phalange expérimentale réplique de celle de Laugerie-Haute (fig. 1, 1) a provoqué d'abord la curiosité d'une harde de rennes puis un comportement de confiance : les animaux se sont couchés à la suite de coups de sifflets prolongés et espacés de plusieurs minutes. W. Pruitt a utilisé parallèlement une phalange de renne sifflante indienne du début du XX<sup>ème</sup> siècle (Lac Artillery, District de Mackenzie, Canada), identique à une paléolithique.

## FLÛTES

Puisqu'à partir d'un instrument à orifice unique on peut produire plusieurs sons et modes de jeu, la phalange de renne sifflante ne pouvait que conduire à la flûte. Déjà dans le Moustérien de la Quina existe une phalange à deux trous (fig. 1, 10, 11). Les formes que nous connaissons laissent, bien entendu, supposer d'autres flûtes sur support végétal non durables qui peuvent parfaitement précéder dans le temps les exemplaires en os. C'est l'aile des oiseaux et en particulier celle des grands rapaces diurnes qui offre l'os le plus naturellement exploitable comme tuyau. Le cubitus du vautour présente les meilleures qualités dimensionnelles comme de régularité intérieure avec une section pratiquement circulaire et une bonne qualité de paroi interne, ce dernier point favorisant au bon fonctionnement acoustique. C'est ce tube naturel que Cro-Magnon va soigneusement sectionner, y percer des trous, et obtenir des flûtes dont on observe une remarquable suite au gisement de la grotte d'Isturitz, depuis l'Aurignacien jusqu'au Magdalénien. C'est la plus forte

concentration de flûtes paléolithiques connue et dont une bonne partie concerne le Périgordien supérieur ou Gravettien. L'élargissement naturel tronconique du cubitus dans sa région proche d'avec l'articulation avec l'humérus constitue une sorte de pavillon participant au rayonnement acoustique du son à la sortie de l'instrument. L'embouchure, située à l'opposé, est soigneusement positionnée par un sciage transversal n'exploitant pas la totalité de l'os utilisable (fig. 2, 2) afin d'ajuster un fonctionnement acoustique satisfaisant. La surface de l'os est soigneusement grattée et les tubercules correspondant à l'insertion des rémiges cubitales peuvent être réduits par abrasion, c'est le cas pour la flûte la plus complète remontée par †Dominique Buisson (fig. 2, 1, 2). Le percement des trous latéraux se fait par racleage court engendrant une cuvette ovalaire, le va et vient de l'outil de silex sera d'autant plus limité que l'on souhaite obtenir un trou qui ne soit pas trop allongé. Cette manière de procéder s'accorde bien avec la minceur de l'os d'oiseau et la recherche de l'emplacement du trou. La forme en cuvette comme le bord du trou en biseau favorisent toutes variations de la position des doigts pour une obturation totale ou partielle, donc toutes nuances du doigtée. Cette observation concerne déjà la plus ancienne des flûtes trouvée par Passemard dans la couche du vieil aurignacien d'Isturitz (fig. 2, 6) de même que celle de Geißenklösterle (Jura souabe) aussi ancienne (fig. 2, 7). Sur la plus ancienne flûte de la stratigraphie d'Isturitz la régularité de l'écart entre les trous tra-

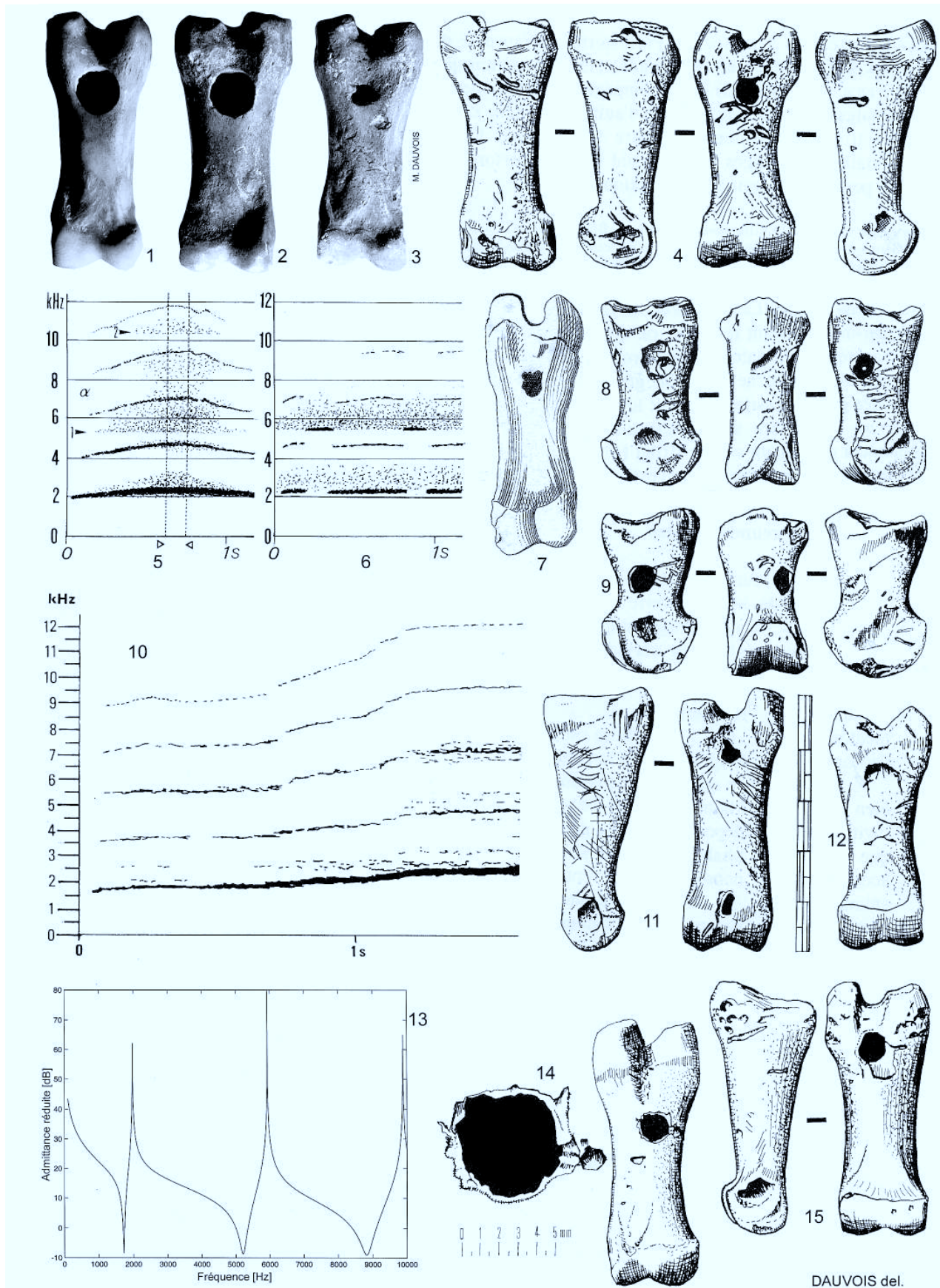
duit une élaboration poussée, une recherche de hauteurs précises des sons et par conséquent la *notion d'intervalles*, de même que le lustré des dépressions entourant les trous indique la position du pouce et du majeur de la main droite sur les trous entiers, position parfaitement traditionnelle. Il n'est pas porté une attention particulière à la régularité du trou, tout comme pour les phalanges sifflantes. Au Gravettien des trous rapprochés témoignent d'une recherche de petits intervalles sonores, de l'ordre du quart de ton (fig. 2, 5). Outre un fin décor gravé du corps de ces flûtes, il peut exister de petits groupes de traits isolés ressemblant fort à un repérage du futur percement. Les décors gravés sont très souvent répétitifs, rythmiques. Le cubitus a été un os privilégié comme support de gravure, à cet égard le cubitus de fou de Bassan de la grotte de Torre figure parmi les œuvres les plus minutieusement réussies de la gravure mobilière paléolithique.

Plusieurs types d'instruments sont fabriqués à partir du cubitus de rapace, surtout de vautour : les tubes simples, les tubes à lumière, les tubes percés de trous, tous peuvent être des flûtes. Le sectionnement, toujours soigné, donne deux extrémités dont une active - c'est l'embouchure -, elle est lustrée. Le corps du tube peut comprendre la plus grande partie utilisable du cubitus et alors il n'existe qu'une fente très proche de l'extrémité active. La position de la fente semble indiquer une morphologie à embouchure terminale à bloc, à bandeau ou bien encore l'obturation se fait avec la lèvre inférieure. Ce type d'instrument ne



Fig. 1 - *Phalanges de Renne sifflantes*. - **1**: 1<sup>ère</sup> phalange de renne sifflante expérimentale, réplique de celle de Laugerie-Haute. **2**: 1<sup>ère</sup> phalange de renne sifflante, abri de Laugerie-Haute, Les Eyzies-de-Tayac (Dordogne). Solutréen. Trou bien régularisé. **3**: 1<sup>ère</sup> phalange de renne sifflante, La Croze à Gondran, Les Eyzies-de-Tayac. Aurignacien. Traces de morsure de canidé. **4**: 1<sup>ère</sup> phalange de renne sifflante de La Quina, Les Gardes (Charente). Moustérien. Traces de morsure de canidé. **5**: Sonagramme d'un son produit par la phalange sifflante de Laugerie-Haute, en bas: le fondamental (évoluant de 1920 à 2360 Hz en soufflant plus ou moins fort) surmonté de quatre harmoniques. Le transitoire d'attaque  $\alpha$  montre qu'il faut 3/10<sup>ème</sup> de seconde pour que le son s'établisse dans la totalité de ses composants harmoniques. Les nuages de points traduisent le bruit de souffle. Les triangles 1 et 2 désignent les fréquences de coupure c'est à dire l'apparition de nouveaux modes de propagation d'ondes. Les curseurs délimitent une analyse spectrale non reproduite ici. **6**: Exemple de changement de régime à deux reprises et pour un temps très court par brusque augmentation de pression. **7**: 1<sup>ère</sup> phalange de renne sifflante de la Grotte des Eyzies ou grotte Richard. Reproduction du premier dessin de phalange sifflante trouvée et publiée par LARTET & CHRISTY en 1864 dans la *Revue Archéologique*. **8**: 2<sup>ème</sup> phalange de renne sifflante, grotte de Gourdan (Haute-Garonne). Magdalénien. Traces de cuspidés dentaires. On distingue nettement un enfoncement subquadrangulaire, les morceaux d'os sont restés en place, seul un tout petit orifice s'observe à la jonction des fragments osseux (visible par le trou sifflant, à l'opposé), il n'empêche nullement la cavité d'engendrer un son net. **9**: 2<sup>ème</sup> phalange de renne sifflante, grotte de la Tuto de Camalhot, Saint Jean-de-Verges (Ariège). Aurignacien ancien. Traces de cuspidés dentaires nettement visibles, trou bien régularisé. Fondamental évoluant de 2200 à 3815 Hz. **10**: Sonagramme montrant l'évolution du son (de 1750 Hz à 2400 Hz, presque une quinte) de la phalange sifflante n° 11 suivant que l'on bouche ou débouche progressivement le second trou. **11**: 1<sup>ère</sup> phalange de renne sifflante moustérienne à deux trous. La Quina, Les Gardes (Charente). Nombreuses traces de décarnisation. **12**: 1<sup>ère</sup> phalange de renne. La Quina. Moustérien. Exemple d'enfoncement de la table osseuse de la face postérieure, mais n'allant jusqu'à la perforation. **13**: Modélisation du fonctionnement acoustique de la première phalange de renne sifflante expérimentale. **14**: 1<sup>ère</sup> phalange de renne sifflante de l'abri Castanet, Sergeac (Dordogne). Aurignacien ancien. À gauche détail de la régularisation sommaire du trou. **15**: 1<sup>ère</sup> phalange de renne sifflante, grotte d'Aurignac (Haute-Garonne). Aurignacien. C'est le premier sifflet paléolithique (pièce *princeps*) découvert et reconnu comme tel par Edouard LARTET en 1860.





comprend aucun autre trou de note, mais présente une décoration gravée répétitive (fig. 2, 4) dont la plus singulière est celle de Saint-Marcel (Indre) composée d'une suite de huit oreilles de cervidé. Quand le tube ne comporte aucun trou ni fente il peut cependant être utilisé comme flûte dont le fonctionnement est basé sur l'excitation du résonateur que constitue le tuyau, par le souffle extérieur se brisant sur l'arête, amplifiant les sons des régimes buccaux, par pression croissante, lorsque ceux-ci coïncident avec les partiels du tube : notes "naturelles" de l'instrument. Ces simples tubes ont évoqués très tôt la notion de flûte de Pan (1874) ou bien encore celle de apeeau. Quand il s'agit d'une flûte à plusieurs trous la série des trous avant est complétée parfois par un trou de jeu arrière (fig. 2, 5). En outre, des tubes courts ont un sectionnement oblique de morphologie d'embouchure de flûte à bec dont le bloc, végétal, a disparu, le corps de l'instrument pouvant très bien être végétal lui aussi. Ces objets se rencontrent dans le magdalénien supérieur du Roc de Marcamps (Gironde)

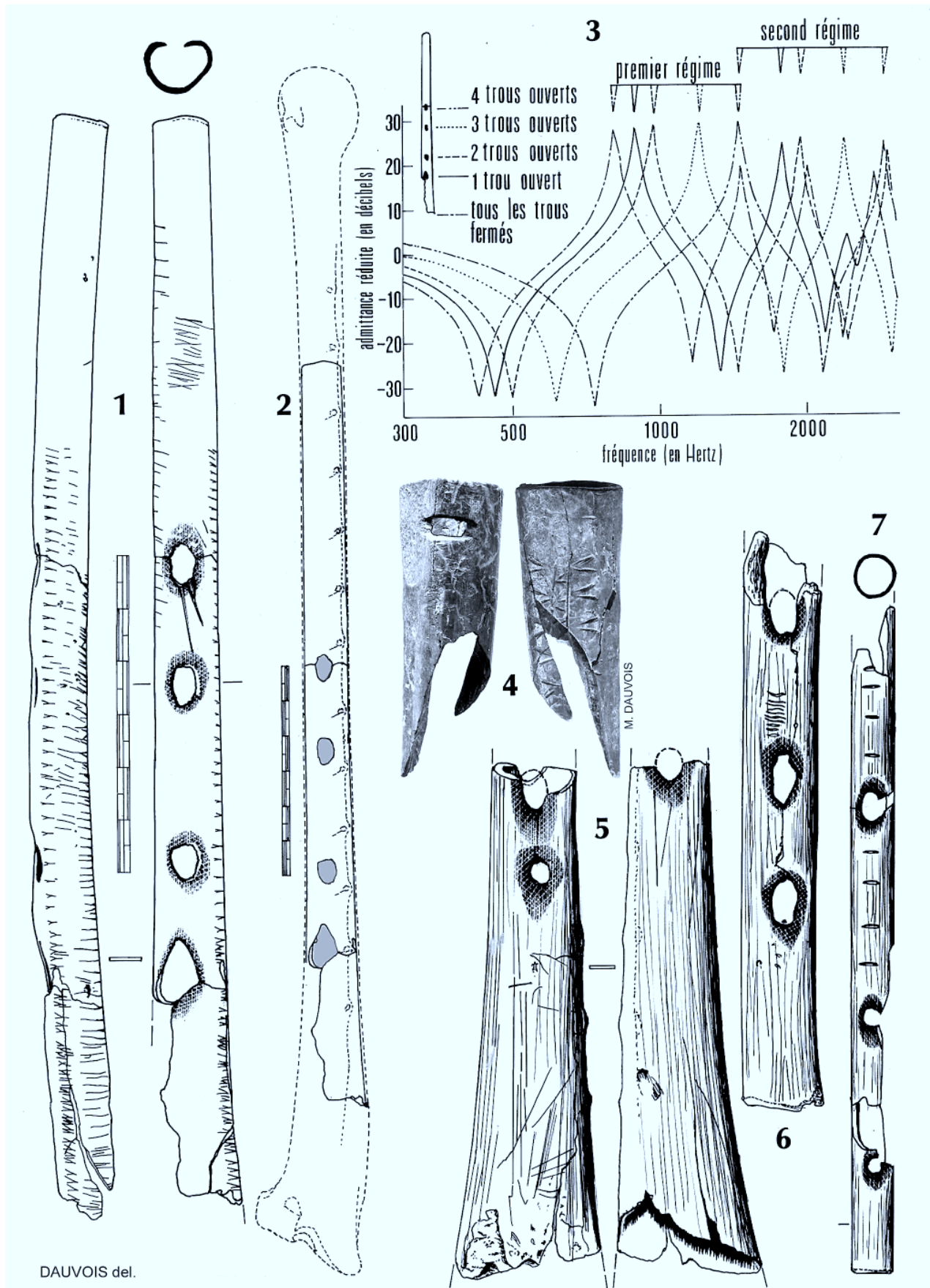
Les flûtes paléolithiques incomplètes ou trop fragiles doivent être répliquées ou restituées par modélisation numérique. Le calcul fait intervenir à la fois la propagation du son dans l'instrument, les pertes acoustiques internes, le rayonnement à partir des trous et de l'embouchure, et la couverture de cette dernière par les lèvres de l'instrumentiste. Les maxima de la courbe de résonance acoustique de la flûte ou admittance correspondent aux régimes obtenus en augmentant l'intensité du souffle ou un modifiant la position des lèvres. La simulation de la fig. 2, 3 concernant la flû-

te la plus complète d'Isturitz, fait apparaître que la hauteur du son obtenu lorsque tous les trous de l'instrument ont été successivement ouverts est voisine de celle obtenue en jouant l'instrument sur son second régime, tous trous bouchés. Ainsi du point de vue des hauteurs des sons, le second régime prend directement la suite du premier comme c'est le cas pour les instruments modernes. Une simulation effectuée en utilisant la totalité du tuyau donné par la partie utilisable du cubitus, révèle deux régimes dont les tessitures ne se rejoignent pas. Il est donc bien établi que la longueur de cette flûte a été parfaitement définie pour permettre cet enchaînement normal d'un régime sur l'autre.

On peut nommer les notes obtenues par référence au tempérament égal avec les écarts exprimés en cents par rapport à ce tempérament : premier régime  $sol_3\# - 37$ ,  $la_3 + 37$ ,  $si_3 - 23$ ,  $ré_4 + 46$ ,  $fa_4\# - 21$ , second régime  $fa_4 - 2$ ,  $la_4 + 25$ ,  $si_4 - 24$ ,  $ré_5 + 28$ . Le jeu en flûte oblique donne un son ample, mais limité au premier régime, accompagné d'un souffle (bruit de turbulence) important, joué en flûte droite l'instrument donne un son assez intense, au jeu délicat mais qui permet de passer sur le second régime de l'instrument et éventuellement d'atteindre les premières notes du troisième. Il convient de rappeler que le galoubet, flûte à bec provençale, ne comporte que trois trous dont un arrière, a un fonctionnement de type flûte à partiels, duquel on obtient vingt notes. La combinaison des différentes pressions, doigtés, coups de langue, est nécessaire pour jouer de cet instrument apparemment très simple. Les flûtes paléolithiques offrent potentiellement une grande variété

Fig. 2 - *Flûtes paléolithiques*. - **1**: Flûte complète de la grotte d'Isturitz (Pyrénées Atlantiques). Périgordien supérieur ou Gravettien. Fine ornementation gravée. Trous obtenus par raclage circonscrit. L'ensemble de la flûte présente un lustré prononcé et uniforme des abords des trous comme du corps tout entier de l'instrument, témoignant d'un long usage. **2**: Positionnement de la flûte par rapport au cubitus de Vautour moine (*Aegyptius monachus*). La préparation de la surface de l'os par raclage comme l'abrasion des tubercules a fait perdre un peu du diamètre de la flûte par rapport à l'os d'origine. **3**: Le calcul de l'admittance d'entrée (rapport entre le débit et la pression) montre les résonances et les antirésonances successives de l'instrument pour les différents doigtés. Il révèle que la longueur de la flûte a été ajustée pour que le premier régime tous trous ouverts (pic à droite de la série du premier régime), corresponde à la même note du second régime tous trous fermés (pic à gauche de la série du second régime). De la sorte en soufflant plus fort le second régime prend directement la suite du premier, comme pour les instruments de facture moderne. **4**: Embouchure de flûte (cubitus de grand rapace) à lumière engendrée par deux traits de sciage juxtaposés. Abri Laroux, Lussac-les-Châteaux (Vienne). Groupe d'incisions décoratives. Datée par Y. YOKOYAMA par spectrométrie gamma non destructive de  $21000 \pm 5000$  BP par la méthode Th-230/U-234 et  $17000 \pm 3000$  BP par la méthode Pa-231/U-235. **5**: Fragment proximal de flûte d'Isturitz comportant deux trous et un trou arrière. Cubitus de Vautour. Périgordien supérieur ou Gravettien. Trous obtenus par raclage court. Le trou avant en face du trou arrière témoigne de la recherche du meilleur positionnement pour obtenir une hauteur de son bien définie. Il est très probable que l'un de ces deux trous a été bouché avec de la cire pour un bon fonctionnement acoustique. Une courte distance entre deux trous indique la recherche d'un petit intervalle qui pourrait être ici de l'ordre du quart de ton. **6**: Fragment de flûte d'Isturitz. Aurignacien à armatures de sagaies à base fendue. Cubitus gauche de Vautour. Trous de jeu ovalaires et irréguliers obtenus par raclages profonds, face antérieure. L'usage prolongé a déterminé une orientation aux dépressions entourant les trous et ce sont les doigts de la main droite, index et majeur, qui se positionnent le mieux comme dans la pratique traditionnelle ; la partie arrière, plate, favorise la prise en main. **7**: Fragment de flûte de Geißenklösterle, Jura souabe (Allemagne). Aurignacien à armatures de sagaies à base fendue. Radius de Cygne. Trous de jeu ovalaires obtenus par raclage très circonscrit. Stries transversales assez régulièrement espacées (dessin d'après celui de C. PASDA 1999).





té d'interprétations mélodiques. N'est-il pas remarquable d'entendre dire - beaucoup - beaucoup plus tard: *la flûte n'est-elle pas l'instrument qui a le plus de sons?* (Platon: *La République*, 399 d). Un flûte peut être nasale. La relecture du Petit Sorcier de la grotte des Trois-Frères (Ariège) montre qu'à l'évidence l'instrument dont il joue est très nettement enfoncé dans la narine. L'art pariétal offre par ailleurs quelques exemples de l'expression du souffle, comme de la figuration de l'organe de l'ouïe: l'oreille (fig. 3, 6, 7).

Ainsi donc c'est le fonctionnement acoustique qui fait d'un instrument présentant des trous une flûte ou non. À cet égard le fémur de jeune ours percé de trous de Divje Babe, grotte slovène, ne fonctionne pas acoustiquement en raison des rapports dimensionnels entre longueur, diamètre intérieur, de celui des trous, de leur emplacement. Pour rendre le fonctionnement acoustique éventuellement possible il faudrait imaginer un instrument composite avec soit un os long creux, soit un tube végétal comme le sureau, allongeant l'ensemble.

## RHOMBES, RACLEURS

Le *rhombe* paléolithique est un instrument à air ambiant, de forme foliacée, il peut aussi avoir les bords parallèles. En os, en bois de renne ou en ivoire, il est symétrique, et de faible épaisseur et aux bords effilés. Une épaisseur qui serait supérieure au quart de la largeur empêcherait la rotation de l'objet autour de son axe longitudinal. C'est la limite de la désignation comme pendeloque. Le limbe du rhombe peut être lisse mais le plus souvent il est orné : une des faces, ou les deux portent un décor figuratif (animaux), ou abstrait (décor géométrique) ou encore recouvert d'ocre (fig. 3, 1, 2, 4). La cordelette reliant le rhombe à l'opérateur se vrille sur elle-même au cours du mouvement circulaire autour du manipulateur puis se dévrille. De cette double giration naît le

*vrombissement* si singulier de cet instrument.

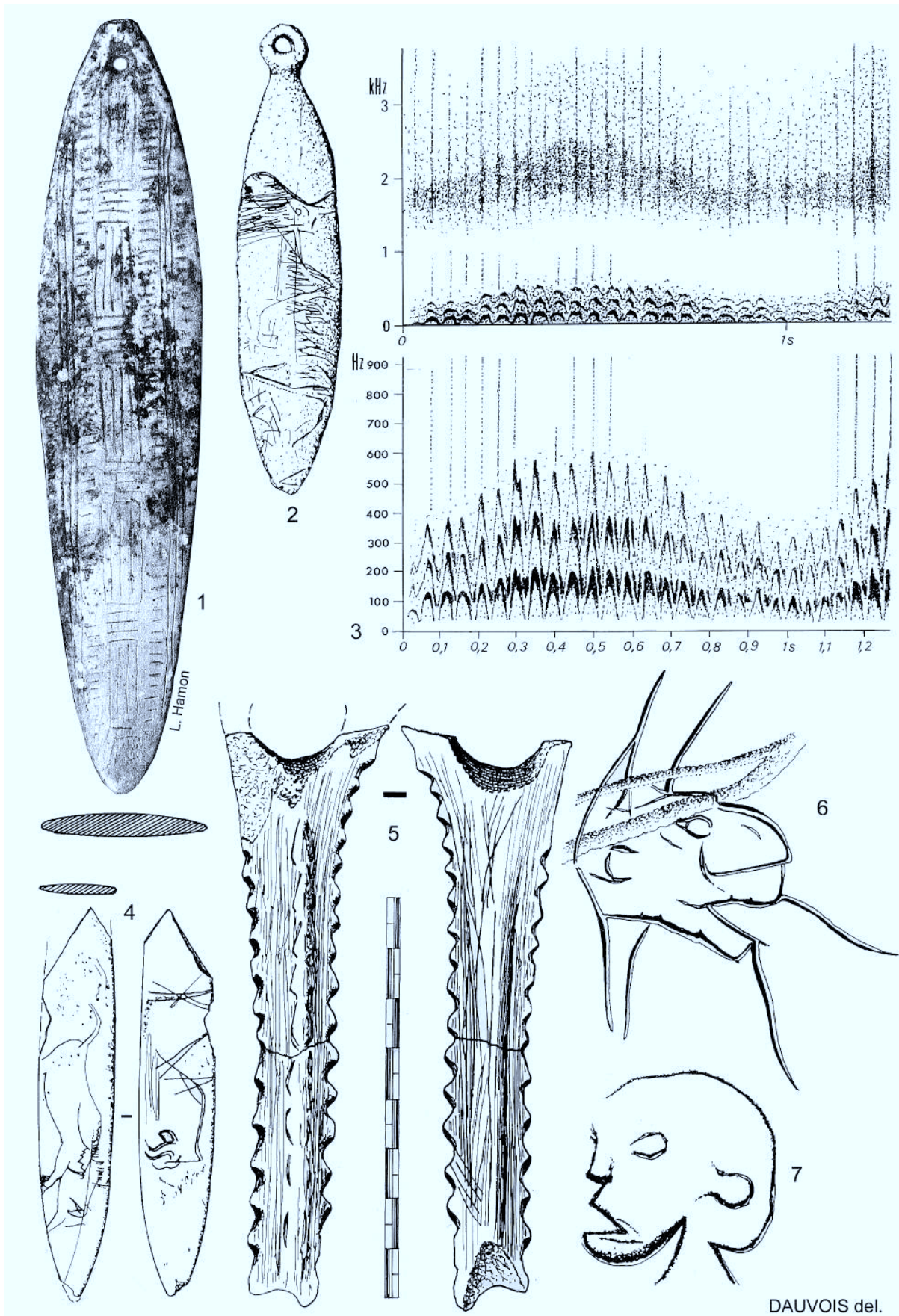
Le mouvement de giration autour de l'homme ne peut être uniforme en raison du moment d'inertie du déplacement du bras. C'est ainsi que l'accélération est plus forte quand le rhombe est à gauche puis derrière un droitier, il y a donc montée en fréquence suivie d'une descente correspondant à la décélération du reste du tour, engendrant le vrombissement caractéristique. Les grands rhombes ont une voix plus grave que les petits. L'analyse sonographique du rhombe fait apparaître une évolution du fondamental en fonction de la vitesse, il est accompagné de peu d'harmoniques mais bien différenciés ; au-dessus dans la zone de fréquence cinq fois plus élevée environ, un bruit de sillage évolue aussi en fonction de la vitesse. Chaque tour du rhombe sur son axe longitudinal se traduit par une ligne verticale exprimant une structure sonore très sèche : un bref claquement de grande étendue fréquentielle (fig. 3, 3). Si en Europe occidentale le rhombe ne semble pas de beaucoup antérieur au Solutréen, il est plus ancien en Europe centrale où on le rencontre au Pavlovien. Son utilisation au fond d'une grotte est particulièrement impressionnante.

Les *racles* ou *racleurs* sont des instruments à friction généralement en os ou en bois de renne présentant une série d'aspérités dégagées par des encoches plus ou moins profondes mais assez régulièrement espacées. Le frottement de ces aspérités par un objet servant de plectre engendre un son rythmique, ces battements plus ou moins rapides ne sont pas sans rappeler les stridulations du règne animal. Le racleur se rencontre dès le Moustérien, à l'Aurignacien son crantage est plutôt discret puis il évolue. Au Solutréen et surtout au Magdalénien, il connaît une certaine diversité (fig. 3, 5). Un os sec présente des qualités certaines de résonance qui le serve dans cette utilisation mais aussi éventuellement en mode de percussion.



Fig. 3 - *Rhombes, racles ou racleurs, voix, organe de l'ouïe.* - **1:** Rhombe en bois de renne, ocré et gravé, grotte de La Roche, Lalinde (Dordogne). Magdalénien supérieur. **2:** Rhombe en os, gravé, abri de Fontalès, Saint-Antonin-Noble-Val (Tarn-et-Garonne). Magdalénien supérieur (dessin fait d'après WELTÉ, 1985, S.P.F.). **3:** Sonogrammes du son de sillage produit par le rhombe de Lalinde. En bas : le fondamental évolue de 35 à 205 Hz pour un tour complet de l'objet autour de l'opérateur en une seconde, il est accompagné des harmoniques 2 et 3 bien nets. Durant la rotation complète autour de l'opérateur, le rhombe tourne sur lui-même, chaque tour dure moins d'un vingtième de seconde et se caractérise par un bref claquement sec de grande étendue fréquentielle se traduisant par une ligne verticale bien observable tant sur le sonogramme du bas que celui du haut où un nuage de points représente le son de sillage compris entre 1600 et 2500 Hz. L'ensemble du signal donné par le sonogramme du haut traduit le vrombissement caractéristique du rhombe. **4:** Rhombe en os, incomplet, gravé, abri Morin, Pessac-sur-Dordogne (Gironde). Magdalénien supérieur (dessin d'après DEFFARGE, 1975, Gallia). **5:** Bâton percé/racleur en bois de renne, grotte du Mas-d'Azil (Ariège). Magdalénien (dessin d'après CHOLLOT-VARAGNAC, 1980). **6:** Tête gravée d'un peu plus de 5 cm de haut avec expression du souffle, grotte du Gabillou, Sourzac (Dordogne). Magdalénien ancien (dessin d'après GAUSSEN, 1964). **7:** Tête gravée, bouche ouverte, oreille nettement figurée, grotte de Saint-Cirq-du-Bugue (Dordogne). Magdalénien moyen.





## RÉSONANCE EN GROTTÉ

L'espace de la grotte est radicalement différent de celui du monde extérieur par sa diversité, son étroitesse ou au contraire son gigantisme, et où, en raison de son obscurité totale et perpétuelle, le temps s'abolit. Des phénomènes perçus sous terre, le plus singulier, comme le plus impressionnant est sans conteste la résonance acoustique, il ne pouvait qu'agir fortement sur le psychisme de Cro-Magnon. De plus, certaines draperies de calcite se révèlent sonores quand on les frappe. Ces singularités acoustiques avaient-elles guidé Cro-Magnon dans le placement de ses œuvres peintes ou gravées et ses signes ? Une galerie de grotte offre des caractéristiques acoustiques liées à son volume : durée d'extinction des sons, fréquence de résonance. Les qualités sonores d'un lieu de grotte sont mesurables par exemple soit par l'analyse classique de l'acoustique d'une salle soit par celle des spectres de réponse à une sollicitation sonore. La procédure consiste à diffuser un signal de type large bande constitué en proportion égale de toutes les fréquences considérées et émises continûment, ce qui exclut tout présumé de hauteur sonore, puis à analyser le spectre du signal reçu (transformée de FOURIER) caractérisant *exactement* la réponse acoustique du lieu considéré. On peut également mesurer le son perçu en un lieu différent de celui d'émission, le spectre du signal reçu sera alors égal à la *fonction de transfert* entre les deux emplacements. C'est la configuration d'une galerie, d'une niche, d'une salle, qui définit les qualités d'une résonance s'il s'en trouve une. De telles recherches ne peuvent être conduites que dans des cavités dont le sol n'a pas été modifié depuis le passage de Cro-Magnon. La formation de stalagmite consécutive à la décruée würmienne modifie généralement peu le volume. En revanche l'abaissement du sol

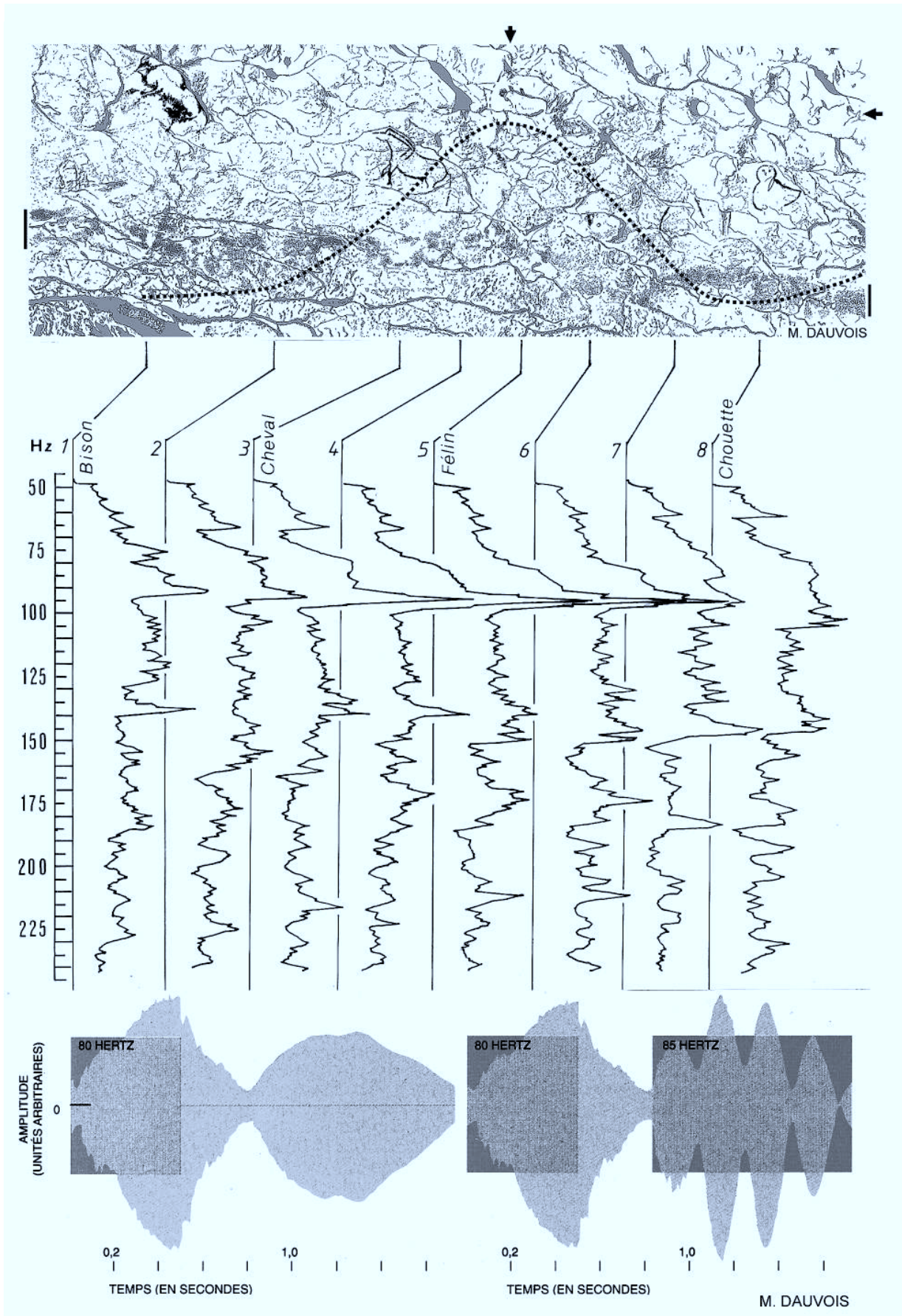
pour le passage de visiteurs détruit à jamais l'espace acoustique.

Des parois régulières ne présentent aucune figure pariétale alors que celles-ci se concentrent parfois en des lieux malaisés, inattendus ou bien encore ont été placées de telle sorte qu'elles soient bien visibles. En y regardant de près on constate que telle particularité de paroi a favorisé telle figure, bien qu'ailleurs une configuration analogue n'a pas été retenue, que telle intersection ou fin de galerie rassemblent des groupements de figures. Il en va de même au plan acoustique et il n'y a pas concomitance obligée entre lieu sonore et figures pariétales. Voyons un exemple: galerie Jeannel de la grotte du Portel (Ariège), c'est une niche située sous un balcon qui engendre une résonance importante coïncidant avec le centre d'un ensemble orné dont les extrémités ne correspondent pas à une particularité acoustique (fig. 4, en haut). Ici le panneau de figures se trouve en rapport avec le balcon entièrement ocré de la paroi opposée et la singularité sonore, il y a conjonction *son-lieu-figure*. Au Réseau Clastres (Ariège), où la Grande Salle offre de grandes possibilités de décorations, les rares figures se situent dans la proximité de modestes draperies sonnantes à côté du passage vers la suite de la grotte (fig. 5, 1). Quand des figures occupent une conque naturellement sonore, leur assemblage ne paraît pas être exclusivement dans ce rapport, par contre le lieu peut être l'origine de manifestations acoustiques perçues de façon particulière en d'autres lieux.

Alors que la corrélation figure/résonance semble n'être qu'un des paramètres du dispositif pariétal, en revanche le signe paraît plus intimement lié aux manifestations acoustiques. Une zone étroite de la galerie Régnauld de la grotte du Portel (Ariège) est le lieu d'une correspondance entre phénomène acoustique et deux punctuations rou-

Fig. 4 - *Résonance en grotte*. - En haut, paroi nord d'un tronçon ouest de la galerie Jeannel de la grotte du Portel, Loubens (Ariège), des traces rouges le long de la paroi sont localisées par les deux traits verticaux extérieurs. La courbe en pointillé exprime le maximum de résonance à 95 Hz correspondant au centre de la zone décorée, juste au droit d'une excroissance rocheuse qui forme une tête de félin naturelle rehaussée de pseudo-griffures gravées (au croisement des directions indiquées par les deux flèches extérieures). Ce maximum de résonance coïncide, paroi sud, avec le centre d'un balcon entièrement ocré, dominant d'un mètre le panneau décoré. C'est la sorte de niche engendrée par le balcon qui génère la résonance. Au centre, les spectres des réponses acoustiques en chaque lieu de mesure, avec croissance et décroissance de la résonance à 95 Hz, montrent que le bison, à gauche, comme la chouette, à droite, sont dans des zones acoustiquement neutres. En bas, étude d'un phénomène acoustique perçu à un rétrécissement de la galerie Régnauld de la grotte du Portel et marqué au plafond de deux punctuations rouges. À gauche, en grisé foncé: émission d'un signal acoustique, en grisé clair réponse acoustique de la galerie. À une brève émission d'un signal à 80 Hz, deux résonances aux fréquences proches de cette valeur sont excitées dans la galerie et un battement lent en résulte: grisé clair sur le graphe de gauche. Lorsqu'on émet un nouveau signal à 85 Hz, figure à droite, il y a superposition de la nouvelle émission et du battement, le son perçu comme "réponse de la galerie" est alors modulé beaucoup plus rapidement. Une telle légère variation de fréquence est produite naturellement par la voix humaine d'où sensation d'un phénomène de dialogue impressionnant avec le fond de la galerie.





ges au plafond. Placé à croupetons sous les points, on croit engager un curieux dialogue avec le fond de la galerie, la voix se calant d'elle-même sur la résonance du lieu. Le son qui semble revenir est transformé. Des mesures acoustiques précises montrent qu'en cet endroit, on observe quatre fréquences de résonance très voisines : 80, 81, 83, 84 Hz. Durant une demi-seconde on envoie un premier son de 80 Hz, les résonances de 80 et 81 Hz sont excitées. Le son résultant de ces résonances a une fréquence moyenne entre 80 et 81 Hz, il s'atténue en battant très lentement: son amplitude enfle, puis décroît, puis augmente à nouveau au bout d'une seconde environ, donnant l'impression d'un écho qui serait à la fois très intense et très distant (fig. 4, en bas, à gauche). Pendant la réception de ce pseudo-écho, on émet un son de 85 Hz : les deux sons se mélangent. La différence de fréquence provoque un autre battement plus rapide, de cinq fois par seconde (fig. 4, en bas, à droite). Ainsi, en chantant ou en parlant dans une bande de fréquence autour de 80 Hz on excite plusieurs résonances de la galerie. La voix continuant d'émettre à une hauteur légèrement différente pendant le retour du pseudo-écho, on a alors la sensation impressionnante de dialoguer avec le fond de la galerie, comme si l'"esprit de la grotte" répondait du fond plongé dans l'obscurité, fond situé à 26 m de là et qui comprend un panneau de chevaux. De fait c'est la légère variation de fréquence d'émission de la voix liée à sa fluctuation naturelle qui est à l'origine du phénomène.

Dans le Boyau de la même grotte, on observe un *transfert acoustique* remarquable entre deux niches A et B séparées par une étroiture qui les rend invisibles l'une à l'autre. Quand on émet dans la niche A à une fréquence de 88 Hz la résonance est maximale au fond de la niche B et jus-

qu'à une limite nette horizontale comme verticale, limite matérialisée en paroi par de modestes ponctuations. Le phénomène est le même de B vers A et le marquage identique (fig. 6). Il y a donc *là définition paléolithique d'un espace acoustique*.

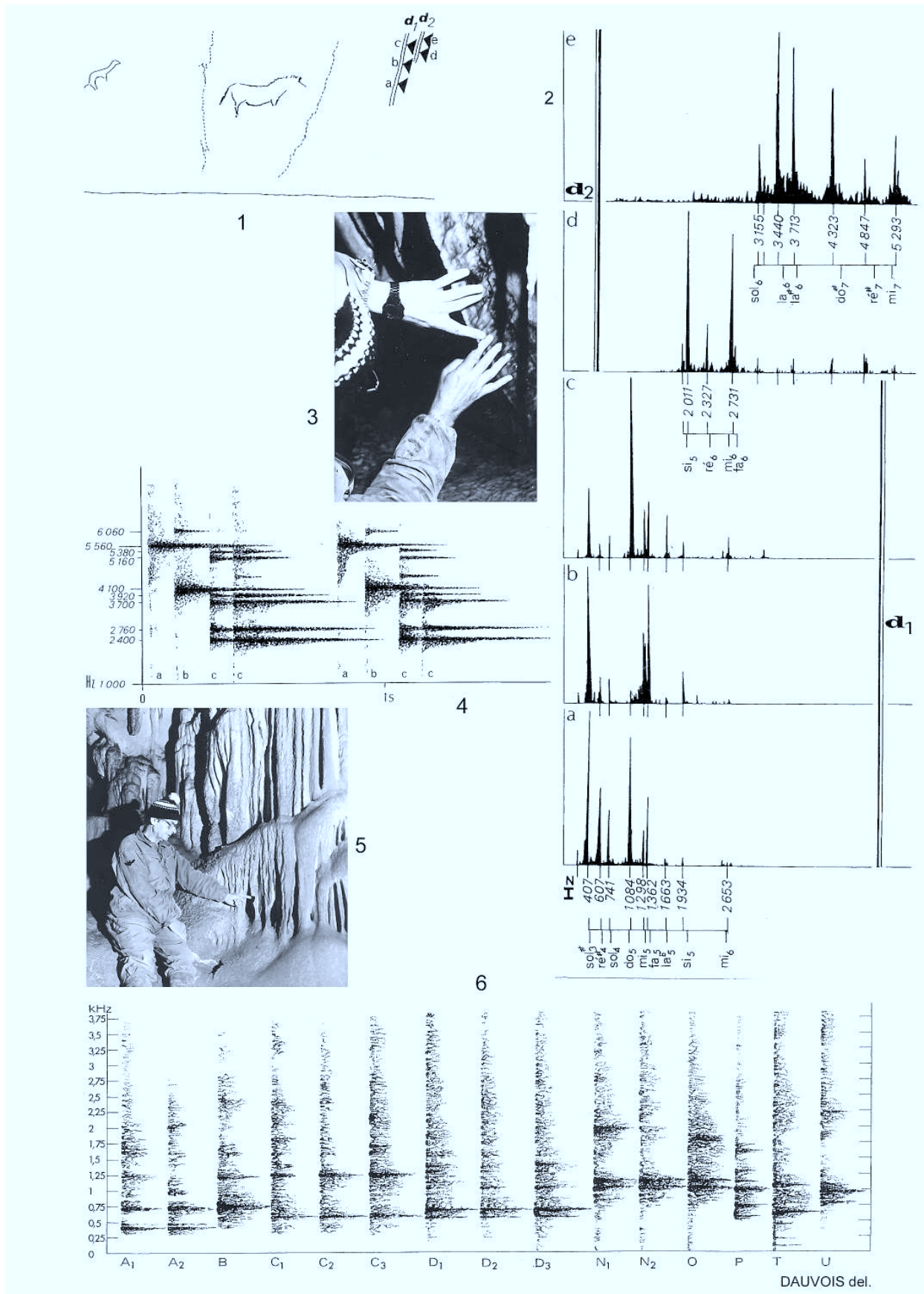
## LITHOPHONES

On connaît bien en grotte les formations de calcite sous forme de draperies ou de colonnes. Certaines d'entre elles émettent des sons quand on les frappe. Ce sont des *lithophones* naturels, dont la sonorité, suivant la nature de la calcite, est curieusement proche de celle des xylophones, des marimbas ou, quand elle est plus cristalline, rappelle celle des instruments composés de lames de pierres sonores, de phonolithes, que l'on trouve au Néolithique, au Vietnam par exemple, ou en Grande-Bretagne au XIX<sup>ème</sup> siècle. Les caractéristiques acoustiques des lithophones enregistrés dans diverses grottes françaises sont les mêmes que celles des instruments à percussion en général : une superposition de plusieurs partiels (sons élémentaires ne comprenant qu'une seule fréquence) plus ou moins espacés et ayant chacun sa propre durée d'extinction. Deux partiels forts peuvent sonner comme un accord musical. Selon l'endroit où l'on frappe un lithophone, le son émis peut varier très sensiblement : tel ou tel partiel émerge, fournissant ainsi l'alternative d'émettre deux hauteurs - ou plus - bien différentes sur la même structure. C'est ce que l'on constate au Réseau Clastres (Ariège) et que l'analyse spectrale met bien en évidence (fig. 5, 1, 2), il en est de même aux Trois Frères (Ariège). La rythmique domine le jeu de ces instruments, aussi n'est-il pas surprenant que Cro-Magnon, augmentant peu à peu la force de sa percussion, ait entaillé, cassé, certaines draperies, comme au Portel (fig. 5, 5), à Cougnac (Lot), à Cosquer (Bouches-du-Rhône) et



Fig. 5 - *Lithophones naturels des grottes*. - **1**: Grande salle des Peintures, paroi sud, Réseau Clastres (Ariège). Mustélicid et cheval et à droite : deux petites draperies sonores *d<sub>1</sub>* et *d<sub>2</sub>* sur lesquelles les points de frappes et la direction de ces dernières sont désignés: *a, b, c, d, e*, deux fissures encadrent le cheval. Magdalénien. **2**: L'analyse fréquentielle montre quels partiels du son émergent suivant les points frappés sur les draperies sonores. Les notes de notre gamme tempérée ne sont là qu'à titre indicatif ; l'ambitus de ce lithophone est de pratiquement deux octaves et demi. Ces humbles draperies offrent une capacité mélodique certaine. **3**: Fines draperies de calcite au Réseau Clastres, manière non brutale d'en jouer. **4**: Spectrogramme d'analyse fréquence/amplitude/temps de trois draperies sonores *a, b, c*, de la grotte de Cougnac (Lot). La draperie *a* est cassée et l'extrémité droite d'un trait bistre réunissant le haut des draperies *b* et *c*, se superpose à la cassure. Exemple mélodique sur des émergences de partiels bien individualisés. **5**: Lithophone naturel de la montée à la galerie Breuil, grotte du Portel (Ariège), un bison est dessiné face au lithophone. Les fortissimo de Cro-Magnon ont entaillé les draperies dans la zone la plus sonore. Est désignée ici l'entaille de la draperie A dont on voit au n° 6 le spectrogramme d'analyse fréquence/amplitude/temps des sons obtenus aux points *A<sub>1</sub>* et *A<sub>2</sub>* situés au dessus et au dessous de cette entaille. L'ensemble du lithophone est constitué de deux éléments superposés, composés de draperies et colonnes. Une trace de griffade calcitée d'Ours des Cavernes ou d'Ours de Deninger située en bas à droite, mais non visible ici, montre que la morphologie d'ensemble n'a pas subi de modification depuis au moins 100 000 ans. **6** : Spectrogramme d'analyse fréquence/amplitude/temps du registre du lithophone du bas de l'image précédente. L'émergence de certains partiels caractérise la structure de calcite commune à plusieurs draperies. Les frappes *C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub>, N<sub>1</sub>, N<sub>2</sub>* entourent les entailles des draperies C et N.





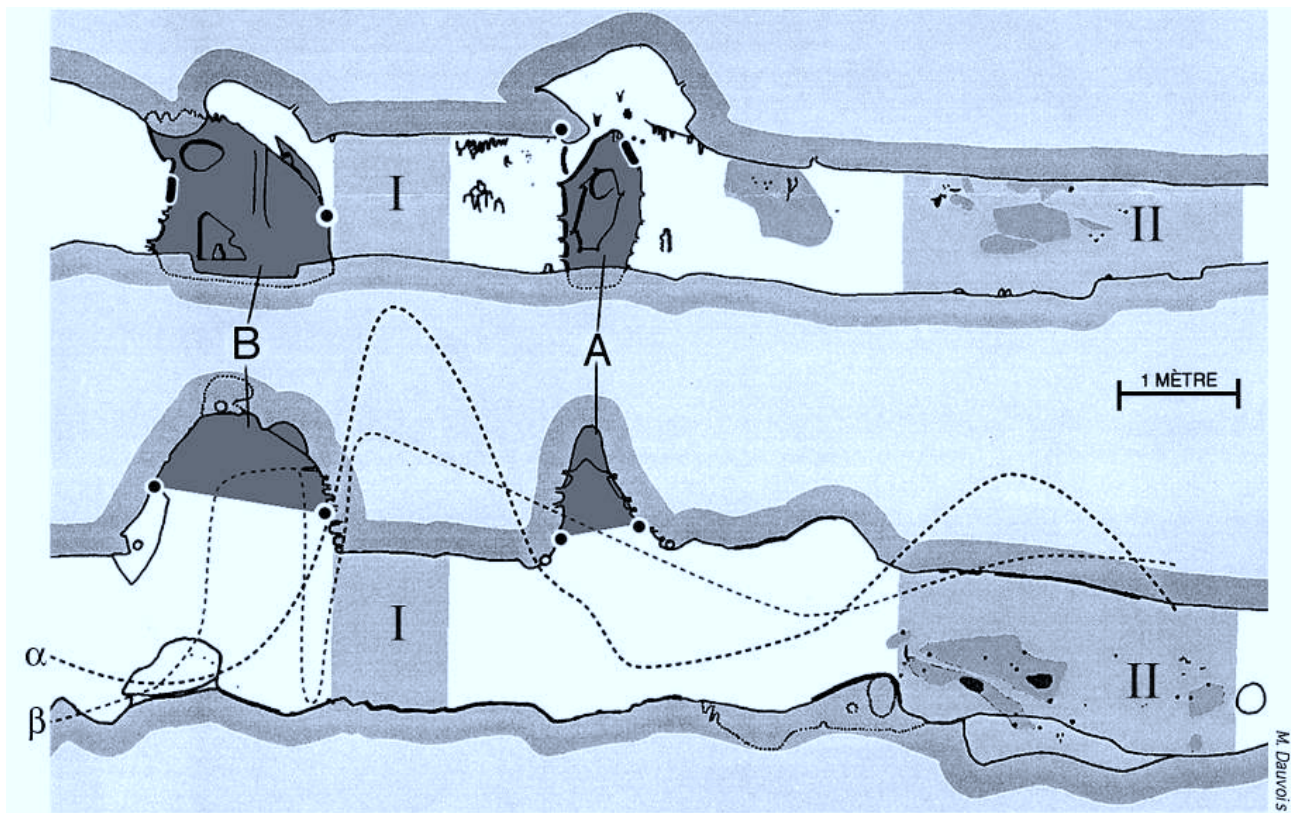


Fig. 6 - Marquage paléolithique de zones particulières de résonance acoustique. - Boyau de la grotte du Portel (Ariège). En haut, élévation de la paroi nord positionnant les niches A et B que l'on retrouve en bas sur le plan. La courbe  $\alpha$  est le graphe de l'amplitude maximale de réponse acoustique directe du Boyau à 88 Hz, elle montre que les espaces I et II, légèrement grisés, sont des lieux d'intense résonance. La courbe  $\beta$  est l'amplitude maximale des réponses reçues égales à la fonction de transfert entre les deux emplacements, l'un d'émission, l'autre d'audition. Quand on se trouve dans la niche B la zone de résonance maximale d'un son émis dans la niche A est strictement limitée à l'espace fortement grisé en plan comme en élévation. La limite sonore est clairement indiquée par de petites marques rouges (ponctuations entourées d'un cercle blanc). Quand on dépasse ces limites en reculant vers le milieu de l'étroite galerie il n'y a plus aucune résonance. Les taches grisées en paroi comme au plafond désignent des zones plus ou moins ocrées.

en d'autres grottes. Les lithophones, y compris ceux composés seulement de quelques draperies sonores, sont souvent en relation avec une ou plusieurs figures pariétales ; il arrive même que des traits colorés surchargent les parties sonores comme à Cougnac (fig. 5, 4) où une ponctuation noire a été datée par le  $^{14}\text{C}$  de 12350 ans avant J.-C. Le morceau cassé d'une draperie sonore peut alors être pris dans le manteau stalagmitique formé lors de la décrue würmienne (Réseau Clastres) ou bien encore la partie cassée de la draperie en place peut avoir reçu une marque de couleurs le plus souvent calcifiée comme à Cougnac. L'expérimentation montre que la proximité immédiate de la cassure ancienne présente toujours des qualités sonores (fig. 5, 6), cela incite à de grandes précautions lors du jeu (fig. 5, 3).

## CONCLUSION

Constaté que l'homme préhistorique a façonné des instruments propres à engendrer du son, que ceux-ci peuvent encore, pour certains d'entre eux, directement en produire, établir qu'elles en sont les tessitures et malgré qu'il ne s'agisse que de témoins épars parvenus archéologiquement jusqu'à nous, autorisent à poser la question: la musique appartient-elle au monde paléolithique? Nous avons vu que la très ancienne phalange de renne sifflante dépasse la simple possibilité du signal acoustique émergent, que cette dernière est venue jusqu'à nous par le Grand Nord canadien. Nous avons remarqué les qualités sonores des lithophones naturels des grottes, en souhaitant que soient strictement respectés ces témoins fragiles tout comme l'espace acoustique du volu-

me de la grotte ornée. Nos recherches introduisent la notion de *patrimoine sonore paléolithique en grotte* qui peut heureusement s'inscrire dans le soucis actuel de préserver intégralement l'ensemble d'une cavité ornée. Le rhombe n'a que très récemment quitté ses aires culturelles pour les musées. Mais par-dessous tout, les flûtes, qui dès les plus anciennes, témoignent de la recherche précise de l'intervalle sonore au travers d'une facture qui se présente avec une remarquable continuité, attestent d'une maîtrise certainement bien

antérieure mais dont les instruments ne nous sont pas parvenus parce que végétaux. La diversité des possibilités paléoacoustiques des différents instruments reconnus comme sonores, la remarquable unité de facture des flûtes constatée à Isturitz durant tout le Paléolithique supérieur, nous font assister à l'anthropogénèse de la musique, laquelle ne pouvait qu'accompagner le premier grand art réunissant au Paléolithique déjà: dessin, gravure, peinture, sculpture.

## BIBLIOGRAPHIE

### ABSOLON Charles

1937 Les flûtes paléolithiques de l'Aurignacien et du Magdalénien de Moravie, analyse musicale et ethnologique comparative avec démonstration. *Congrès Préhistorique de France. Compte-rendu de la XI<sup>ème</sup> session, Toulouse-Foix, 1936*. Société Préhistorique Française, Paris.

### ALLAIN Dr Jean

1950 Un appeau magdalénien. *Bull. de la Société Préhistorique Française*, t. XLVIII.

1961 Contribution à l'étude des techniques de chasse magdalénienne, la chasse des cervidés à l'appeau. *Union Internationale des Sciences Préhistoriques et Protohistoriques. Bericht über den V. International Kongress für Vor- und Frühgeschichte Hamburg, August 1958*. Verlag Gebr. Mann, Berlin.

### ALTUNA Jesús

1997 *L'art des cavernes en Pays Basque. Les grottes d'Ekain et d'Altxerri*. Édit. du Seuil, Paris.

### ARRIPE René

1984 *Les siffleurs d'Aas*. Imprimerie de la Monnaie, Pau.

### ARTAUD Pierre-Yves

1986 *La flûte*. J.-C. Lattès, Paris.

### ASSELIN Pierre-Yves

1985 *Musique et tempérament*. Éditions Costallat, Paris.

### BRADE Christine

1975 Die mittelalterlichen Kernspaltflöten Mittel- und Nordeuropas. *Göttingen Schriften zur Vor- und Frühgeschichte. Band 14*, Wachholtz Verlag, Neumünster.

### BUISSON Dominique

1994 Les flûtes paléolithiques d'Isturitz. *La pluridisciplinarité en Archéologie musicale. IV<sup>èmes</sup> rencontres internationales d'archéologie musicale de l'I.C.T.M., Saint-Germain-en-Laye, octobre 1990*, éditions de la Maison des Sciences de l'Homme, vol. I, Paris.

### CASTELLENGO Michèle

1966 Le galubet. *Bull. du Groupe d'Acoustique Musicale 23*. Université de Paris VI.

### [99] CASTERET Norbert

1936 *Au fond des gouffres*. Librairie Académique Perrin, Paris.

### CHASE Philip G.

1986 The Hunters of Combe Grenal. Approaches to Middle Paleolithic Subsistence in Europe. *BAR International Series 286*.

### CHEYNIER Dr André

1950 Badegoule, station solutréenne et proto-magdalénienne. *Archives de l'Institut de Paléontologie Humaine, mémoire 23*. Masson, Paris.

1963 *La caverne de Pair non Pair, Gironde. Fouilles de François Daleau*. Documents d'Aquitaine II, Publications de la Société Archéologique de Bordeaux.

### CHOLLOT Marthe

1964 *Musée des Antiquités Nationales. Collection Piette. Art mobilier préhistorique*. Editions des Musées Nationaux, Paris.

### CONDAMINES Roland

1986 *Acoustique psycho-physique. Introduction*. Masson, Paris.

### CORCHÓN RODRIGUEZ Soledad

1986 El arte paleolítico cantabro : contexto y analisis interno. *Centro de investigacion y museo de Altamira, Monografías 16*, Ministerio de Cultura, Dirección General de Bellas Artes y Archivos, Madrid.

### COUSTÉ R., KRTOLITZA Yovan

1961 La flûte paléolithique de l'abri Lespoux à Saint-Quentin-de-Baron (Gironde). *Bull. de la Société Préhistorique Française*, t. LVIII.

### DAUVOIS Michel

1989 Son et Musique paléolithiques. *Les Dossiers d'Archéologie 74*.



## DAUVOIS Michel

- 1994 Les témoins sonores paléolithiques. *La pluridisciplinarité en Archéologie musicale. IV<sup>èmes</sup> rencontres internationales d'archéologie musicale de l'I.C.T.M., Saint-Germain-en-Laye, octobre 1990*, éditions de la Maison des Sciences de l'Homme, vol. I, Paris.
- 1996 Témoins sonores et caractérisation acoustique des grottes ornées du monde paléolithique occidental. *International Newsletter on Rock Art (I.N.O.R.A.)* 13.
- 1996 Les lithophones naturels des grottes ornées paléolithiques. *La vie préhistorique*. Société Préhistorique Française, éditions Faton, Dijon.
- 1999 Mesures acoustiques et témoins sonores osseux paléolithiques. *Préhistoire d'os. Recueil d'études sur l'industrie de l'os préhistorique offert à Henriette Camps-Fabrer*. Publications de l'Université de Provence, Aix-en-Provence.
- 2000 Des grottes et des sons. L'univers acoustique de Cro-Magnon. *L'homme, le minéral et la musique. Collection Modal 9*, Éditions F.A.M.D.T./Modal, Saint-Jouin-de-Milly.

## DAUVOIS Michel, BOUTILLON Xavier

- 1990 Etudes acoustiques au réseau Clastres : salle des peintures et lithophones naturels. *Préhistoire Ariégeoise. Bull. de la Société Préhistorique Ariège-Pyrénées*. t. XLV.

## DAUVOIS Michel, BOUTILLON Xavier, FABRE Benoît, VERGE Marc-Pierre

- 1998 Son et musique au Paléolithique. *Pour la Science, édition française de Scientific American* 253.

## DAUVOIS Michel, FABRE Benoît

- 1999 Les instruments à vent paléolithiques. *Colloque Acoustique et Instruments anciens, factures, musiques et science, Cité de la Musique 17 et 18 novembre 1998*. Société Française d'Acoustique.

## EINWÖGERER Thomas, KÄFER Bernadette, FLADERER Florian A.,

- 1998 Eine jungpaläolithische Knochenflöte aus der Station Grubgraben bei Kammern, Niederösterreich. *Archäologisches Korrespondenzblatt* 28.

## FAGES G., MOURER-CHAUVIRÉ Cécile

- 1983 La flûte en os d'oiseau de la grotte sépulcrale de Veyrau Aveyron et inventaire des flûtes préhistoriques d'Europe. La faune et l'homme préhistoriques, hommage à Jean Bouchud. *Mémoires de la Société Préhistorique Française*, t. 16.

## GAUSSEN Jean

- 1964 La Grotte ornée de Gabillou (près Mussidan, Dordogne). *Publications de l'Institut de Préhistoire de l'Université de Bordeaux, mémoire* 3. Delmas, Bordeaux.

## GIRAUX Louis

- 1907 À propos des traces humaines laissées sur les os. *Bull. de la Société Préhistorique Française*, t. IV.

## GIROD Dr Paul, MASSÉNAT Elie

- 1900 *Les stations de l'âge du renne dans les vallées de la Vézère et de la Corrèze. Laugerie-Basse, industrie, sculptures, gravures*. Baillière & fils, Paris. 110 planches lithographiques de Pilloy.

## GLORY abbé André

- 1965 Pendentif rhomboïdal osseux à Badegoule (Dordogne). *Bull. de la Société d'Etudes et de Recherches Préhistoriques, Institut Pratique de Préhistoire et d'Art préhistorique des Eyzies* 15.

## HAHN Joachim

- 1994 Eine 36 000 Jahre alte Knochenflöte aus den Geißenklösterle. In: SCHEER A. (Hrsg.) *Höhlenarchäologie im Urdonautal bei Blaubeuren* Museums heft 1. *Urgeschichtliches Museum Blaubeuren* 1993.
- 1999 Flûtes aurignaciennes de la grotte de Geißenklösterle, Jura Souabe. *Préhistoire d'os. Recueil d'études sur l'industrie de l'os préhistorique offert à Henriette Camps-Fabrer*. Pub. de l'Université de Provence, Aix-en-Provence.

## HAHN Joachim, HEIN W.

- 1995 Eiszeitorchester - Experimentelle Nachbildung von Knochenflöten aus der Jüngerer Altsteinzeit. *Eiszeitwerkstatt Museumheft 2. Urgeschichtliches Museum Blaubeuren* 22.

## HAHN Joachim, MÜNZEL Susanne

- 1995 Knochenflöten aus dem Aurignacien des Geißenklösterle bei Blaubeuren, Alb-Donau-Kreis. *Fundberichte aus Baden-Württemberg* 20.

## HENRI-MARTIN Dr Léon

- 1910 *Recherches sur l'évolution du Moustérien dans les gisements de la Quina (Charente)*. Volume I. *Industrie osseuse*. Schleicher Frères éditeurs, Paris.
- 1931 La station aurignacienne de La Quina. *Bull. Soc. archéologique et historique de la Charente, année 1930*.

## KERGOMARD Jean

- 1989 Acoustique des tuyaux sonores. *Journées pédagogiques d'acoustique musicale. Paris 1988*. Centre National d'Action Musicale, Paris.

## LARTET Edouard, CHRISTY Henry

- 1864 Sur des figures d'animaux gravées ou sculptées et autres produits d'art et d'industrie rapportables aux temps primordiaux de la période humaine. *Revue Archéologique*, nouvelle série, t. IV, avril. Séparata sous le titre général : Cavernes du Périgord. Objets gravés et sculptés des temps pré-historiques dans l'Europe Occidentale. Librairie académique Didier, Paris. p. 223-267, 2 pl. ht.

- 1875 *Reliquiæ Aquitanicæ; being contribution to the Archæology and Palæontology of Perigord and the adjoining provinces of Southern France - 1865-1875*. Edited by THOMAS RUPERT JONES, SANHURST. WILLIAMS & NORGATE, London.



- LE GONIDEC Marie-Barbara, GARCIA Leonardo, CAUSSÉ René,  
1996 Au sujet d'une flûte paléolithique. En souvenir de Dominique Buisson. *Antiquités Nationales* 28.
- LEIPP Emile  
1965 Le problème de la perception des signaux acoustiques par effet de contraste. Les signaux d'avertissement, les sifflets. *Cahiers d'Acoustiques n° 133 des Annales des Télécommunications*, t. 20, 5-6.
- MENATORY Gérard  
1990 *La vie des loups*. Stock, Paris.
- MÜNZELL Suzanne C.  
2001 The production of Upper Palaeolithic mammoth bone artifacts from southwestern Germany. *The world of Elephants. International Congress*, Rome.
- MÜNZELL Susanne C., SEEBERGER Friedrich, HEIN W.  
2000 (?) The Geißenklösterle-Flute - Discovery, Examination, Experiments. *Proc. Of the 2<sup>nd</sup> Symposium of the International Study Group on Music Archaeology held in Kloster Michalstein, 17-24 September 2000*.
- NADAILLAC Marquis de (Jean-François-Albert du Pouget, marquis de)  
1870 *L'ancienneté de l'Homme*. Librairie A. Franck, Paris.
- NOUGIER Louis-René  
1963 *La Préhistoire. Essai de Paléosociologie religieuse*. BLOUD & GAY, Paris.
- PASSEMARD Emile  
1923 Une flûte aurignacienne d'Isturitz. *Association Française pour l'Avancement des Sciences, Compte rendu de la 46<sup>ème</sup> session, Montpellier, 1922*.
- PASSEMARD Emmanuel  
1944 La Caverne d'Isturitz en pays basque. *Préhistoire*. t. IX.
- PETTAZZONI Raffaele  
1912 Mythologie australienne du rhombe. *Revue de l'histoire des religions*, t. 65.
- PEYRONY Denis  
1930 Sur quelques pièces intéressantes de la grotte de La Roche près de Lalinde (Dordogne). *L'Anthropologie*, t. 40.
- PIERCE John R.  
1984 *Le son musical, musique, acoustique et informatique*. Bibliothèque Pour la Science, diffusion Belin, Paris.
- PIETTE Edouard  
1874 La flûte composée à l'âge du Renne. *Comptes-rendus de l'Académie des Sciences*, t. 79.
- SAINT-PÉRIER René de  
1947 Les derniers objets magdaléniens d'Isturitz. *L'Anthropologie*. t. 51.
- SAINT-PÉRIER René et Suzanne de  
1952 La grotte d'Isturitz III - Les Solutréens, les Aurignaciens et les Moustériens. *Archives de l'Institut de Paléontologie Humaine, mémoire* 25, Paris.
- SCHAEFFNER André  
1980 *Origine des instruments de musique, introduction ethnologique à l'histoire de la musique instrumentale*. Mouton, Paris.
- SCOTHERN Paula  
1986 Presentation of a music - archaeological research project, the musical evidences of the palaeolithic : a paleo-organological survey. Second Conference of the I.C.T.M. Study Group on Music Archaeology. volume 1 : general studies. *Publications issued by the Royal Swedish Academy of Music* 53, Stockholm.
- SEEBERGER Friedrich  
2002 *Steinzeit selbst erleben!* Württembergisches Landesmuseum Stuttgart.
- SEEWALD Otto  
1934 *Beiträge zur Kenntnis der Steinzeitlichen Musik-Instrumente Europas*. Bücher zur Ur- und Frühgeschichte. t. 2. Verlag von Anton Schroll, Wien.
- TURK Ivan, DIRJEC Janez  
1997 Taphonomy of limb bones of cave bear in Mousterian "bone flute" and other finds from Divje babe I cave site in Slovenia. *Znanstvenoraziskovalni Center Sazu. Opera Instituti Archaeologici Sloveniae* 2. Ljubljana.
- TURK Ivan, DIRJEC Janez, KAVUR Boris  
1997 Description and explanation of the origin of the suspected bone flute. in Mousterian "bone flute" and other finds from Divje babe I cave site in Slovenia. *Znanstvenoraziskovalni Center Sazu. Opera Instituti Archaeologici Sloveniae* 2. Ljubljana.
- TURK Ivan, KAVUR Boris  
1997 Palaeolithic bone flutes, comparable material. in Mousterian "bone flute" and other finds from Divje babe I cave site in Slovenia. *Znanstvenoraziskovalni Center Sazu. Opera Instituti Archaeologici Sloveniae* 2. Ljubljana.
- WELTÉ Anne-Catherine  
1985 Propositions pour une nouvelle lecture d'une pendeloque de l'abri de Fontalès (Tarn & Garonne). *Bull. de la Société Préhistorique Française. Tome* 82, n° 9.
- WHITE Randall  
1993 *Préhistoire*. Éditions Sud-Ouest, Bordeaux.
- YOKOYAMA Yuyi  
1990 Possibilité de datation et d'authentification des objets d'art mobilier par la spectrométrie gamma non destructive : essai de datation d'une flûte provenant de Lussac-les-Châteaux (Vienne, France). *L'art des objets au Paléolithique. Tome 2: les voies de la recherche. Colloque international, Foix - Le Mas-d'Azil, novembre 1987*. Collection des actes des colloques de la Direction du Patrimoine n° 8, Diffusion Picard, Paris.