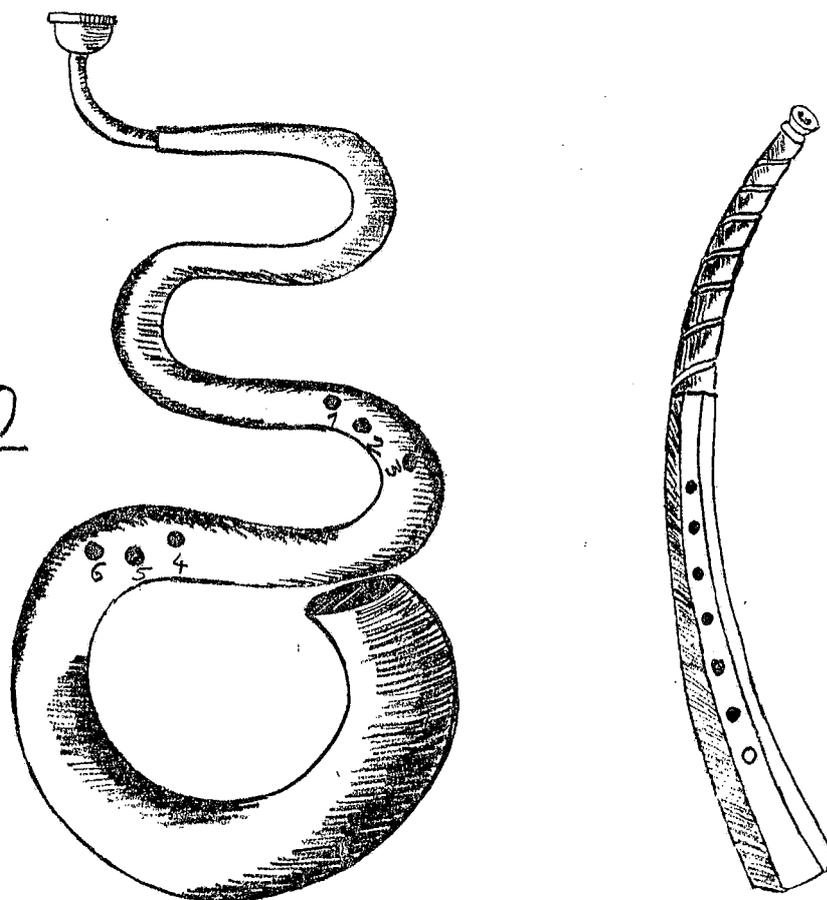


E. LEIPP

Le Serpent . Un monstre acoustique

J. LEGUY

Le Cornet à bouquin



Oct. 1972

N° 63

GAM

BULLETIN DU GROUPE d'ACOUSTIQUE MUSICALE
UNIVERSITÉ DE PARIS 6. TOUR 66 - 4 PLACE JUSSIEU. PARIS 5'

- LE SERPENT - par E. LEIPP
- LE CORNET A BOUQUIN - par J. LEGUY

MM. les Professeurs SIESTRUNCK et GAUTHIER, pris par leurs obligations universitaires n'ont pu être des nôtres.

Etaient présents :

M. LEIPP, secrétaire général, Melle CASTELLENGO, secrétaire.

puis par ordre d'arrivée :

Mme LEIPP; Dr DORGEUILLE; M. CHENAUD (Président AFARP); M. CONDAMINES (Laboratoire d'Acoustique ORTF); M. SILVA FLAVIO (Ethnomusicologue); M. AJAVON (Etudiant Fac. Vincennes); M. KOPFF (CEPTB); M. PRAQUIN (Etudiant IPES); M. H. de FREYSSEIX (Producteur CBS); M. DAUMAS, Mme LARGEAUD (Prof. Educ. Musicale); Mme STRAUS (Prof. Lycée La Fontaine); M. AGNAN (Prof. Educ. Musicale); M. LEOTHAUD (Assistant Université - Institut Musicologie); M. LEBOEUF (Prof. Educ. Musicale); M. CORDEAU (Professeur); M. DUBEAU (Etudiant); M. BARRY (étudiant); M. MARILLE (Ingénieur); M. SANCHEZ (chercheur CNRS); Mme SANCHEZ (Maître-assistante Paris VI); M. Eric d'ENFERT (flûtiste); M. J. LECOINTRE (Etudiant); Melle DAGUENET (Chercheur CNRS); M. Ed. BOURDON (ex. COUESNON S.A.); Melle SAMOYAULT (Etudiante Institut. Musicologie); Melle BAILLY (assistante); M. GUIRAUD de WILLOT (Ingénieur agronome); M. J. LEGUY; M. H. LEGROS (Ingénieur); M. J. MULLTIN (Maître assistant délégué - labo struct. biologiques); Melle RIOLLAUD (Etudiante); M. LEMARECHAL (professeur); Melle Sulvie HUE (Prof. Educ. Musicale); M. GEAY (prof. Musique); M. CALONNEC (Musicolier); M. SABLIER (étudiant); Dr KADRI (médecin); M. S. OUNA (traducteur); M. SERPOLAY (Prof. Univ. Brest); M. BATAISSIER (Secrét. Gén. SIERE); M. JOUHANNEAU (CNRS); M. MARTIN (étudiant); M. CHANUT; M. GATIGNOL (maître assistant); M. LENOIR (étudiant); Mme GILARDONI (musicienne); M. BARRE (étudiant); M. LEROY (Dr EPHE); M. JUNCK (Ets SELMER); Melle DOMBREVAL (hôtesse); M. ABRAMONT (lycéen); M. CEZEN (Musicien-modulateur RTB); Dr PERROT (musicologue); M. MACHADO (ethnomusicologie); M. CLERE (ingénieur); M. OTTIE (Chef de travaux, CNAM); M. SURUGUE (ORSTOM-CETO); M. SERVAIN (lycéen); M. LANGEVIN (assistant); M. KMETY (violoniste); M. RODOLPHE (math. appliquées); M. PINET (musicien); M. PINGUET (Etudiant musicologie); M. HERON (J.F.) Ministère des Affaires Culturelles); M. LIEGOIS (Etudiant PARIS VIII); M. SEREMY (kinésythérapeute); Mme BUSNEL (Labo Acoustique animale JOUY-EN-JOSAS); M. TESTEMALE (informaticien); Mme Marie Josée CHAUVIN (rédactrice musicale); M. John WRIGHT (musicien); M. J.J. BERNARD (Professeur UER 49); M. ZBAR (musicien); Melle CHIRON (institutrice); M. RECONESI (lycéen); Melle ARNUEL (étudiante); M. GOUPIL (géomètre); M. SOLE (Ingénieur); M. LEBRUN (étudiant); M. HAN (technicien); M. NODE LANGLOIS (professeur); M. TROTIER (stagiaire); M. J. TALAMON (éditeur-MASSON); M. C. BRIGUET (musicolier); M. SAMOFF; Mme CHARNASSE (Informatique musicale CNRS); M. J.J. DUPARCQ (Directeur Revue Musicale); Dr CLAVIE (Dr en médecine); M. LEMAIRE; M. BOURGUOIN (agent technico commercial); M. MONIN (Fabricant de flûtes à bec); M. TIMSIT (ingénieur); Mme LEGUY (Prof. Educ. Musicale); M. POULTEAU (flûtiste); M. DUBUC (ingénieur CNAM - musicologie); Mme BESANCON; M. PEYLET (étudiant); Mme et M. DUBUQUOY (enseignants). M. DUPREY (architecte); M. KLEIN (pianos); Dr POUBLAN (médecin bid.).

Excusés : M. Charles MAILLOT (Lyon); M. BLONDELET (Ets Buffet Crampon); Mme de CHAMBURE - Pianos RAMEAU; M. FORET; M. GEUENS; Mme SOLA; Mme HAIK VANTOURA; M. DAGALLIER; M. LE

ROY; M. DEMARS; M. TRAN VAN KHE; M. FAYEULLE; M. M. PHILIPPOT; M. BLADIER; Melle RENAUDIE; M. ARTAUD; M. BAERD; M. RIBEYRE; M. PUJOLLE; Melle NOUFFLARD; M. JOLIVET; Melle ENGRAND; Melle Edith WEBER; M. CHENG SHUI CHENG; M. ANSELM; M. FRANCOIS; M. GILOTAUX; M. GUEN; M. LONDEIX.

PERIODIQUE :

Imprimeur : Laboratoire de Mécanique Physique de l'Université de PARIS VI
Nom du Directeur: M. le Professeur R. SIESTRUNCK,
N° d'inscription à la Commission paritaire N° 46 283,

L E S E R P E N T

I - GENERALITES - POSITION DU PROBLEME

La littérature et l'iconographie des instruments de musique, parle depuis plus de 5 siècles d'une famille d'instruments de musique disparue vers le milieu du 18^e siècle : celle des cornets à bouquin. Il s'agit d'instruments à vent à embouchure de cor, à perce large, évasée (quasi-cônique) et portant un nombre de trous variables, 6 ou 7 en général. J. LEGUY nous parlera tout à l'heure de l'historique, de l'acoustique et de l'usage musical de ces instruments, dont il existait des types et modèles variés.

Chose curieuse : l'un des membres de cette famille apparut beaucoup plus tard et survécut beaucoup plus longtemps que le cornet à bouquin. Cet instrument est le serpent qui se jouait encore couramment en France dans les églises, à la fin du siècle dernier. Lorsqu'il parle de l'enterrement de Mme BOVARY, FLAUBERT, en 1857 écrit :

" Et, assis dans une stalle du chœur l'un près de l'autre, ils virent passer devant eux et repasser continuellement les trois chantres qui psalmodiaient. Le serpent soufflait à pleine poitrine "

Récemment, Luc Etienne, nous a raconté qu'autour des années 20 ou 25 il avait encore entendu le serpent joué dans une petite ville du Nord de la France. Mais actuellement, en dehors de quelques spécialistes de la musicologie, personne ne sait plus ce dont il s'agit

Voici donc un instrument disparu depuis peu et qui fut joué au moins pendant trois siècles !! Très généralement, lorsque nous sommes placés devant un cas de ce genre, notre position est très nette : de tels instruments sont toujours intéressants à étudier du point de vue acoustique et musical, et nous savons qu'on aurait tort de se fier à leur aspect généralement simpliste. J'en ai été rapidement convaincu le jour où mon ami Charles MAILLOT nous apporta, il y a bien des années, un serpent au laboratoire.

Visuellement, l'instrument est original, et dès qu'on essaye de le faire fonctionner, on se trouve placé devant des paradoxes tels qu'il suscite nécessairement la curiosité du chercheur. Aussi ai-je accumulé depuis des années des documents et des observations sur cet instrument. L'occasion s'était déjà présentée d'attirer l'attention sur lui lors du GAM sur le COR D'ORCHESTRE, avec THEVET (GAM N° 41, Mai 1969). Le moment est venu d'en dire davantage.

Comme le serpent a une histoire et des particularités fonctionnelles tout à fait différentes de celles du cornet à bouquin, ce n'est donc pas déflorer le sujet que traitera plus loin M. LEGUY, que d'en parler d'abord.

Nous donnerons donc pour commencer quelques documents intéressants que nous avons relevés au sujet de cet instrument; la deuxième partie apportera quelques précisions sur l'acoustique et le jeu de l'instrument. Peut être ce texte attirera-t-il l'attention sur un instrument oublié et suscitera-t-il des vocations... A une époque où l'on commence à sortir de leurs vitrines, pour les jouer, de nombreux instruments anciens, ce serait justice de penser au serpent : nous allons tenter de le montrer.

II - DOCUMENTS HISTORIQUES - OPINIONS DES MUSICOLOGUES ET PHYSICIENS

Parmi les données fournies par les musicologues, nous prendrons, dans l'ordre chronologique, les documents qui nous ont semblé dignes d'intérêt.

A l'occasion, nous ferons quelques commentaires, quitte à y revenir plus loin, dans la partie acoustique, où nous démontrerons la justesse où la gratuité des affirmations et avis que l'on a formulés sur le serpent.

VIRDUNG (1515) . (Fig.1)

J'ai relu ce texte, espérant y trouver des informations; mais le passage où l'on parle des instruments à vent et à trous est vraiment squelettique et ne nous apprend strictement rien. Par contre la figure donnée par cet auteur montre des cornets, l'un courbe, à quatre trous apprenants, l'autre droit à 6 trous. De serpent, aucune trace... S'il avait existé à l'endroit où vivait l'auteur (Bavière, Alsace) nul doute qu'il l'aurait représenté étant donné son allure originale !

EDME GUILLAUME (1590).

Ce personnage était chanoine à AUXERRE vers la fin du 16^e siècle, et plusieurs auteurs le signalent sans donner de sources ou de références plus précises, comme étant l'inventeur du serpent. En fait nous avons retrouvé l'origine de cette affirmation; elle est à rechercher dans les " MEMOIRES CONCERNANT L'HISTOIRE ECCLÉSIASTIQUE ET CIVILE D'AUXERRE ", éditées par l'abbé LEBEUF à Paris en 1743. Il serait intéressant de rechercher sur quels documents s'appuya LEBEUF. Un fait est certain : il existait depuis longtemps des cornets-basse que l'on " tortillait " de diverses manières pour^{er} faire des instruments transportables. Le problème se pose chaque fois que l'on désire un instrument grave : de nombreux documents en font foi, qui sont antérieurs à 1590.

Ceci dit, il semble assez probable que l'origine du serpent soit effectivement religieuse. Un instrument très grave était en effet désirable pour soutenir les voix de basse, et donner du " creux " aux chants religieux : MERSENNE est explicite de ce point de vue. Un instrument long et gros est alors nécessaire; mais une longueur de 2 mètres étant prohibitive, quelqu'un trouva un jour l'idée de donner au cornet-basse la forme particulière de serpent, ce qui rendit enfin l'instrument transportable et jouable. Il semble assez probable qu'il y eut effectivement un "inventeur"; était-ce bien EDMÉ GUILLAUME ? C'est l'affaire de la musicologie...

PRAETORIUS (1618) (Fig.2)

L'ouvrage de Praetorius, nous l'avons répété plus d'une fois, est pour nous d'importance capitale. En effet, l'iconographie des instruments de musique anciens est souvent très fantaisiste, le dessinateur ne comprenant pas leur rôle fonctionnel, ne voit pas les points importants, mais le détail anecdotique. Avec Praetorius c'est autre chose ! Ses dessins ont été faits avec une " chambre noire " et l'auteur donne chaque fois une échelle précise permettant de savoir les dimensions absolues des instruments. Ainsi, Praetorius nous montre des cornets (planche VIII) et, entre autres, un " CORNO; GROSS TENOR CORNET " de forme serpentine et d'une longueur de 3 pieds 1/2 *¹ de Braunschweig, soit environ de 98 cm. Les autres cornets représentés ont 2 pieds 1/4, 1 pied 3/4 etc... Comme on voit, le " corno " est beaucoup plus court que le serpent, qui a 6 pieds *² selon Mersenne, soit quelque 192 cm.... En tout cas, chez Praetorius pas de trace de serpent ni dans le texte ni dans les figures.

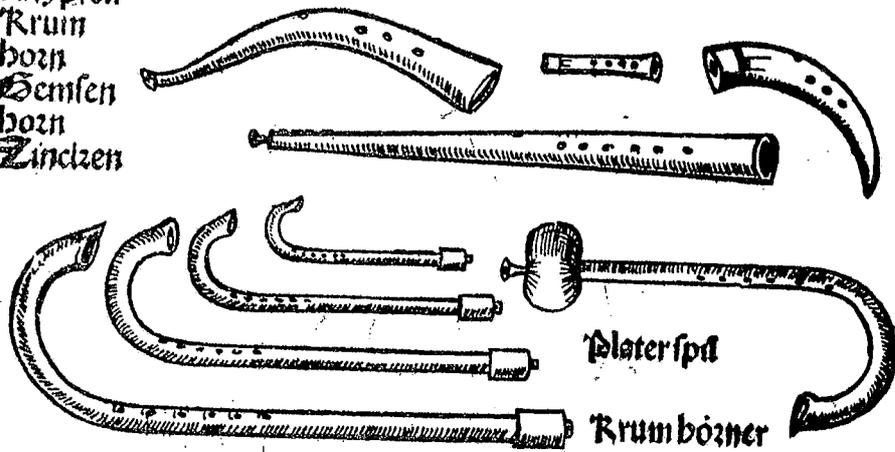
*¹ Pied de Saxe = 28,32 cm

*² Pied de roi Français = 32,4 cm

Fig 1

VIRDUNG - 1515

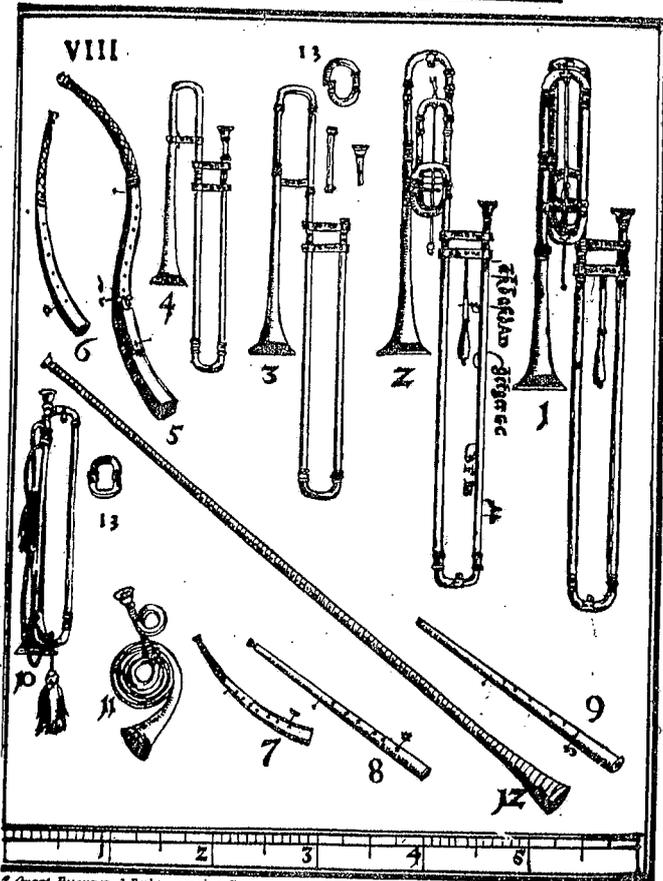
rußpfeif
Krum
bozn
Bemfen
bozn
Zincken



Die ander art des zwelte geschlecht ist in den holz roien die nit gelochert syndt
die doch ein mensch erblasen mag welche aber von den selbē zu reguliret synd vñ
wie man dar vff lerneri werd mögen dar von will ich hie nit mer sagē aber indē
andern büch willich etwas nūws vñ ongehores dar von sagen vnd schryben

En 1515, les cornets (zinken) existent : pas le serpent....

Fig 2 - PRAETORIUS - 1618



2 Quart-Fusillen. 3 Rechte gemeine Fusillen. 4. Alt-Fusillen. 5. Cornet, Ordel Tenor-Cornet. 6. Rechte Chor-
zink. 7. Klein Discant Zinck so ein Quert höher. 8. Grander Zinck mit ein Mundstück. 9. Salt Zinck.
1. Trommet. 11. Jager Trommet. 12. Nelsons Trommet. 13. Krummbügel auf ein ganz Ton

25

[22]

IX.
Cornetti: Zincken

1.	2.	3.
Corno- torto	Zinken.	Klein Zinck.
Cornon.		
Gr. Zinck.		

On trouve divers types de cornets, dont Praetorius indique la tessiture et l'étendue (ci-contre)

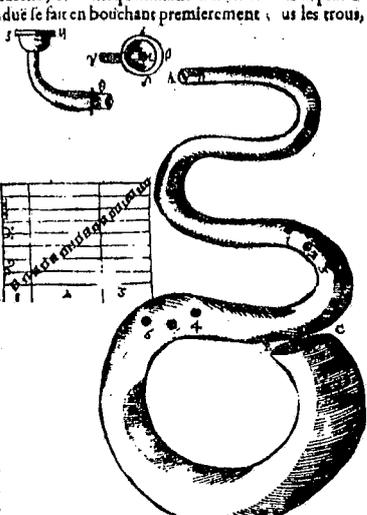
Le serpent n'est pas mentionné; le "corno torto" est une octave plus haut que le serpent....

Fig 3 MERSENNE (1636)

des Instrumens à vent. 279

tient son estenduë naturelle, & conséquemment la meilleur & la plus agreable; or cette estenduë se fait en bouchant premierement tous les trous, afin de faire l'v de G re sol, & puis en les debouchant l'un apres l'autre, iusques à ce que l'on soit arriué à l'Octave, qui se fait quand tous les trous sont ouverts.

Quant aux secondes notes de la premiere partie, & les 7 de la troisieme, on les nomme *empruntées*, à raison qu'elles sont hors du ton naturel, car les deux premieres se font en poullant moins de vent, & par l'industrie de la bouche, lors que tous les trous sont fermez, & les sept dernieres se font en redoublant le vent, dont la premiere se fait en re-fermant les six trous, & les six autres en debouchant les six trous l'un apres l'autre, ce que arrive parce que l'on fait monter le Serpent à l'Octave en redoublant la force du vent, comme nous auons dit des autres instrumens, & peut-estre qu'il monteroit encore iusques à la troisieme, & à quatuor me Octave, comme fait



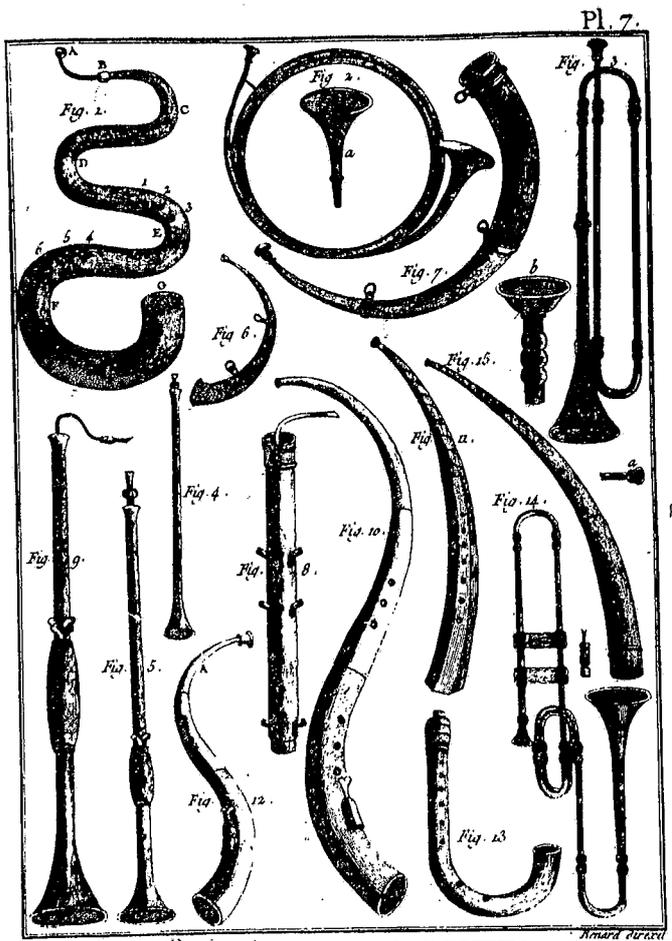
Le serpent tel que le décrit Mersenne sera encore en usage à la Fin du 19^e siècle!

Fig 5. Jeu du serpent (17^e s.)



*Serpent du XVII^e siècle
Portail de la Cathédrale
de Strasbourg.*

Fig 4



*La planche de l'Encyclopédie
de DIDEROT (milieu du 18^e s.)*

*Le serpent a désormais
sa place dans la
famille des cornets,
dont il est la basse.*

MERSENNE (1636) (Fig.3)

Une fois de plus, il faut en référer à l'Harmonie Universelle. MERSENNE parle de l'origine du serpent, mais ne sait manifestement rien de précis. ("...trombones et saqueboutes que l'on croit être plus anciennes que le serpent ..."). Par ailleurs, il nous donne des précisions sur les dimensions (6 pieds au moins, le bacal ayant 1/2 pied), sur l'étendue (une dix-septième) et l'utilisation de l'instrument, ainsi que sur sa fabrication. Il nous indique la tablature (on débouche les trous les uns après les autres, et pour l'octave suivante on recommence) Mersenne a entendu de bons instrumentistes jouer sur de bons instruments; il nous fait une description très flatteuse de la musique de serpent. Il en vante les mérites relatifs à l'intensité ("cet instrument est capable de soutenir vingt voix des plus fortes, dont il est si aisé de jouer qu'un enfant de quinze ans peut sonner aussi fort comme un homme de trente ans"). Il parle de ses énormes possibilités d'expression ("l'on peut tellement adoucir le son qu'il sera propre pour joindre aux voix de la musique douce des chambres dont il imite les mignardises et les diminutions"). Comme on est loin des avis maintes fois formulés par des musicologues modernes qui n'ont manifestement jamais entendu jouer du serpent par quelqu'un de compétent, et qui affirment que "le serpent n'a jamais laissé d'être un instrument très faux" (Lavignac; nous y reviendrons), que les sons du serpent sont "lourds et rauques" (Larousse du 20^e siècle) etc....

Citons une observation curieuse de Mersenne quant au "diapason" du serpent....
 "Quant au diapason des serpents, et de tous les autres instruments à bocal, nul ne l'a jamais trouvé que je sache".... Dans la partie acoustique on verra pourquoi il n'y a pas à s'en étonner

Autre détail intéressant relatif à la facture de l'instrument que l'on fabrique en deux moitiés, creusées à la gouge, en forme de tronc de cône régulier, dans deux grosses planches. L'opération n'était certes pas facile, car on ménageait des épaisseurs d'une "demie ligne" soit 2,25 mm D'autre part, il fallait réaliser un tronc de cône le plus régulier possible. Pour cette dernière opération, le fabricant utilisait "trois ou quatre douzaines de cartons coupés en demi-cercle qui vont toujours croissant", c'est-à-dire des gabarits, ce qui montre que le serpent n'était donc pas fait n'importe comment !

On relira avec fruit, in extenso, le texte de Mersenne où se trouvent bien d'autres renseignements.

ENCYCLOPEDIE DE DIDEROT (Fig.4) (milieu du 18^e siècle).

Le cornet à bouquin et le serpent continuent à être en vogue : une gravure célèbre, bien connue, montrant un homme habillé d'instruments, en est la preuve ! L'Encyclopédie, de son côté, nous montre un serpent classique joliment gravé, mais où manque malheureusement l'échelle.... De plus, le texte indique la tablature de l'instrument que nous donnons sur la figure 8, où nous indiquons simultanément celle de 1816 dont parle Frank FARRINGTON (Galpin Society, n° XXII; Mars 1969). Comme on voit, ces tablatures sont sensiblement différentes; mais l'explication ira de soi lorsque nous aurons considéré l'aspect acoustique du serpent.

La Révolution dut porter au serpent un coup fatal, du fait qu'il s'agissait manifestement d'un instrument religieux.... Mais à l'étranger, l'instrument poursuit sa carrière, et on continue à trouver de nombreuses références sur le serpent.

A DESCRIPTIVE CATALOGUE OF THE MUSICAL INSTRUMENTS in the South Kensington Museum, préface de Carl Engel. EYRE et SPOTTISWOODE Londres (1874)

Sous la rubrique "Serpent" on retrouve le nom de l'inventeur présumé (Edme GUILLAUME, d'Auxerre) et la date de 1590. On nous signale ici que l'instrument était très répandu et qu'il fut utilisé dans les musiques militaires et dans les processions

jusqu'au milieu du 19^e siècle (en Angleterre). "En France, on s'en servait dans les églises pour soutenir les voix. Jusqu'à la fin du 18^e siècle, il restait communément un substitut de l'orgue.... Il donne le ton aux chantres, et joue la basse quand ils chantent leurs parties. Il est souvent mal joué, mais quand il l'est bien, il produit un bon effet. Cependant il est généralement "forcé" (overblown) et trop intense pour les voix qu'il accompagne; d'autre part il s'harmonise mieux avec les voix que l'orgue parce qu'il peut augmenter et diminuer le son avec beaucoup de délicatesse...." Cette longue citation relevée chez un certain Dr BURNEY, de Londres (1773) montre bien que le serpent était un instrument raffiné quand il était bien joué, et converge avec celle de Mersenne. On a nettement le sentiment que dès le début du 18^e siècle, les bons joueurs de serpent étaient rares (sauf peut-être dans les formations militaires, dans la cavalerie en particulier).

RIEMANN (première édition - 1882) parle du serpent, signale l'intérêt porté à l'instrument par des compositeurs comme BERLIOZ et WAGNER (qui le recommande en 1842 pour RIENZI). Il précise que le serpent a 6 trous, répartis en deux groupes de trois trous, mais que ces trous ne représentent guère qu'une commodité, qu'une aide pour émettre le son voulu.

JACQUOT (A) : DICTIONNAIRE PRATIQUE ET RAISONNÉ DES INSTRUMENTS DE MUSIQUE (1882)

Cet auteur cite encore Edme GUILLAUME. Il précise : "le serpent servait de basse aux cors; il est à l'unisson des hautbois; il a six trous et quelquefois plusieurs clefs. On s'en servait encore il y a quelque quarante ans dans les musiques militaires et les églises. Il y en eut une grande variété : le serpent militaire, celui de cavalerie, qui permettait de passer le bras et de le maintenir facilement. Il y en eut aussi en fer. Parmi les sculptures du portail de la cathédrale de Strasbourg, on remarque, du côté droit, un joueur de serpent qu'un sculpteur du 17^e siècle sculpta pour remplacer une statue détruite... (Fig.5) . L'ophicléide, aujourd'hui abandonné, remplaça le serpent...."

HELMHOLTZ (Die Lehre der Tonempfindungen, édition 1896). Sans d'occuper particulièrement du serpent, cet auteur émet au sujet des sons qu'on peut tirer d'un tuyau conique des hypothèses qu'on a malheureusement continué depuis à répéter sans se donner la peine de faire des expériences, mêmes simples.... Citons en particulier le passage : " ... Dans le jeu des cuivres, la forme et la tension des lèvres n'intervient que pour sélectionner la note désirée parmi celles qu'offrent les fréquences propres du tuyau; mais la hauteur des divers sons est autant dire indépendante de la tension des lèvres ". HELMHOLTZ n'a manifestement jamais soufflé dans un serpent... Nous y reviendrons !

LAVIGNAC. Encyclopédie de la Musique, chez Delagrave, Paris 1925.

De toute évidence, cet auteur n'avait jamais regardé ou manipulé un serpent, ni entendu jouer l'instrument par un bon musicien. " Perce légèrement conique.... la gamme obtenue dans le plus parfait de ces instruments, ne peut être que : ré, mi, fa, sol, la, si, do, ré, mi, fa, fa dièze etc..." Affirmations purement gratuites : on vous le fera écouter tout à l'heure.

BOUASSE - Instruments à vent. Delagrave, Paris 1929.

L'assistant de BOUASSE, M. FOUCHE, prix de trombone du Conservatoire de Toulouse, s'était entraîné sur un serpent.... Bouasse consacre un long chapitre à cet instrument. Il émet une " théorie du serpent " dont on retiendra la conclusion : " Quels que soient les trous débouchés, on obtient ce qu'on veut au-dessous d'une limite supérieure, dans un intervalle dépassant la quinte.... Le musicien émet une note parce qu'il l'imagine; s'il n'a pas d'oreille, il joue faux.... Avant de parler des instru-

...../

ments, il est prudent de les regarder, surtout quand on les a reproduits à des milliers d'exemplaires, quand ils ont servi dans des milliers d'églises à soutenir des millions de voix, quand on les trouve dans toutes les musiques militaires jusqu'au milieu du 19^e siècle ... "

Plus loin, BOUASSE ajoute : " On comprend maintenant pourquoi les instruments anciens qui exigeaient peu du constructeur, beaucoup de l'exécutant, sont d'intérêt capital. Ils apprennent de façon caricaturale ce que peuvent les lèvres, alors que la facture moderne s'efforce de limiter le rôle du musicien, de l'empêcher de jouer faux ".

Plus loin encore : " Tous les instruments à embouchure de cor permettent de jouer faux... mais le serpent dégotte incontestablement le pompon grâce à sa perce très large... Mais un habile artiste peut jouer juste sur un instrument aussi incontestablement " faux " que le serpent Un mauvais ouvrier se plaint toujours de son outil; aujourd'hui les mauvais ouvriers abondent " etc..

Bouasse fait des expériences avec un instrument classique et utilise le talent d'un bon musicien; nous avons vérifié que ses conclusions sont correctes. Bouasse pose le vrai problème; nous y reviendrons plus loin, dans la partie acoustique et en tirerons les conséquences.

LAROUSSE DU XX^e siècle (1936).

Au début de ce siècle on trouvait encore quelques joueurs de serpent dans les campagnes; il est donc intéressant de voir si les écrits usuels parlent encore de l'instrument. Le LAROUSSE du XX^e siècle le cite encore, en ajoutant malheureusement les affirmations tout à fait gratuites de Helmholtz et autres....." Il est replié plusieurs fois pour éviter la longueur et pour que les doigts de l'exécutant puissent atteindre les neuf trous qui en règlent l'intonation ".... etc...

LAROUSSE DE LA MUSIQUE (1957).

En dehors des éléments connus, ce dictionnaire précise que " Durant le 18^e siècle et même un peu après, il fut employé, en raison de son timbre puissant et grave, pour doubler les trombones dans les musiques militaires ".

FARRINGTON (Frank) DISSECTION OF A SERPENT. In The Galpin Society Journal Mars 1969; n° XXII.

Cet auteur s'est évertué à restaurer un instrument anglais, et nous décrit soigneusement toutes les opérations qu'il a faites. Il fournit quelques précisions quant à l'origine du serpent : " Quoiqu'on puisse supputer que le serpent soit apparu au début du 16^e siècle en Italie, le premier document écrit est celui de l'abbé LEBEUF : " Mémoires concernant l'histoire : ecclésiastique et civile à Auxerre " publié à Paris en 1743. " Comme on voit, on retrouve Edme GUILLAUME etc...

Mais FARRINGTON cite longuement un ouvrage d'Adam CARSE, Musical Wind instruments (Macmillan, Londres 1939), dont un passage mérite d'être traduit :

" Il est difficile de décrire la sonorité du serpent, d'une part parce que personne ne sait plus en jouer de façon correcte, d'autre part parce qu'il n'existe plus, actuellement d'instruments avec lesquels le serpent puisse être comparé. Si quelqu'un s'avise à prendre un vieux serpent, inutilisé depuis un siècle, sec et cassant et probablement en mauvais état de fonctionnement, et s'il souffle dans ce corps poussiéreux, les sons qui en sortiront provoqueront le plus souvent des rires, sinon des réactions amusées si on pense qu'un tel système ait pu être utilisé un jour à des fins musicales. Joué par un musicien non entraîné et qui ne comprend pas la technique des lèvres nécessaire qui, de surcroît ne sait rien du caractère sonore à rechercher et s'attend à une

sonorité de tuba ou de trombone, le serpent s'avèrera un instrument ridicule.... Un essai fait dans ces conditions est nul et sans signification. Il en serait ainsi de tout instrument moderne, s'il avait été abandonné et oublié pendant de longues années. Si on désire se faire une opinion correcte de la sonorité et des possibilités du serpent, il faut d'abord un instrument en bon état d'origine. Le musicien de son côté, devra s'évertuer à apprendre à jouer de l'instrument; il faut autant de temps que pour réussir à maîtriser tout autre instrument à vent actuel. Une technique des lèvres très particulière et un doigté inhabituel doivent être appris; de son côté, l'oreille doit être reconditionnée à des nuances de timbre qui ne sont celles d'aucun cuivre ni d'aucun bois actuellement utilisés.»

On ne saurait mieux dire, et nous y reviendrons. Il est bien évident que si un tromboniste ou un corniste monte son embouchure sur un serpent et joue de la façon qui lui est habituelle, il sortira de l'instrument une musique qui n'a plus rien à voir avec celle qu'il produisait autrefois.

Avec cette longue citation, nous terminerons notre tour d'horizon historique qui suffit pour se faire une idée de la signification de l'instrument, et qui appelle manifestement quelques considérations acoustiques.

III - QUELQUES CONSIDERATIONS SUR L'ACOUSTIQUE DU SERPENT

Pour parler d'un instrument, il vaut mieux l'avoir vu... et entendu, quand c'est possible. J'ai eu la chance que mon ami, Charles MAILLOT me prête le serpent de sa collection pendant plusieurs années. J'ai eu loisir de regarder l'instrument, de "souffler dedans", de faire quelques essais, de tirer des conclusions quant à la signification des textes historiques cités plus haut. Commençons par une description de cet instrument, tout à fait classique, qui doit dater du milieu du 19^e siècle probablement.

I) DESCRIPTION DU SERPENT A 6 TROUS DE M. MAILLOT

C'est l'instrument simple, à 6 trous, sans clefs. La première chose à faire est évidemment d'en relever les dimensions (fig. 6).

- La longueur

a été relevée sur la face latérale et correspond à l'axe du tronc de cône. J'ai trouvé 198 cm : c'est le serpent de 6 pieds dont parle Mersenne.

- L'épaisseur

n'a évidemment pas pu être relevée; il faudrait démonter l'instrument... Mais elle est approximativement de 6 mm à l'extrémité large (revêtement de cuir compris bien entendu) et de 7 ou 8 mm près de l'extrémité étroite où vient se fixer le bocal. J'ai donc porté sur le relevé une épaisseur moyenne de 6 mm. Toute précision est bien entendu tout à fait inutile eu égard à l'irrégularité de la perce.

- La perce longitudinale

n'est manifestement pas "conique", comme on voit. Il s'agit, comme pour beaucoup d'instruments de musique à vent, d'une forme composite, plus ou moins évasée, n'ayant rien de strictement mathématique, mais correspondant certainement à des impératifs sonores établis empiriquement petit à petit. Des recherches approfondies sur l'acoustique de l'instrument justifieraient certainement cette forme "anormale".

On retiendra simplement qu'il s'agit d'une perce très large (allant de 4 à 10 cm) et d'allure tronconique, disons "évasée"

Fig 6. Perce du serpent de M. Ch. Maillot de Lyon

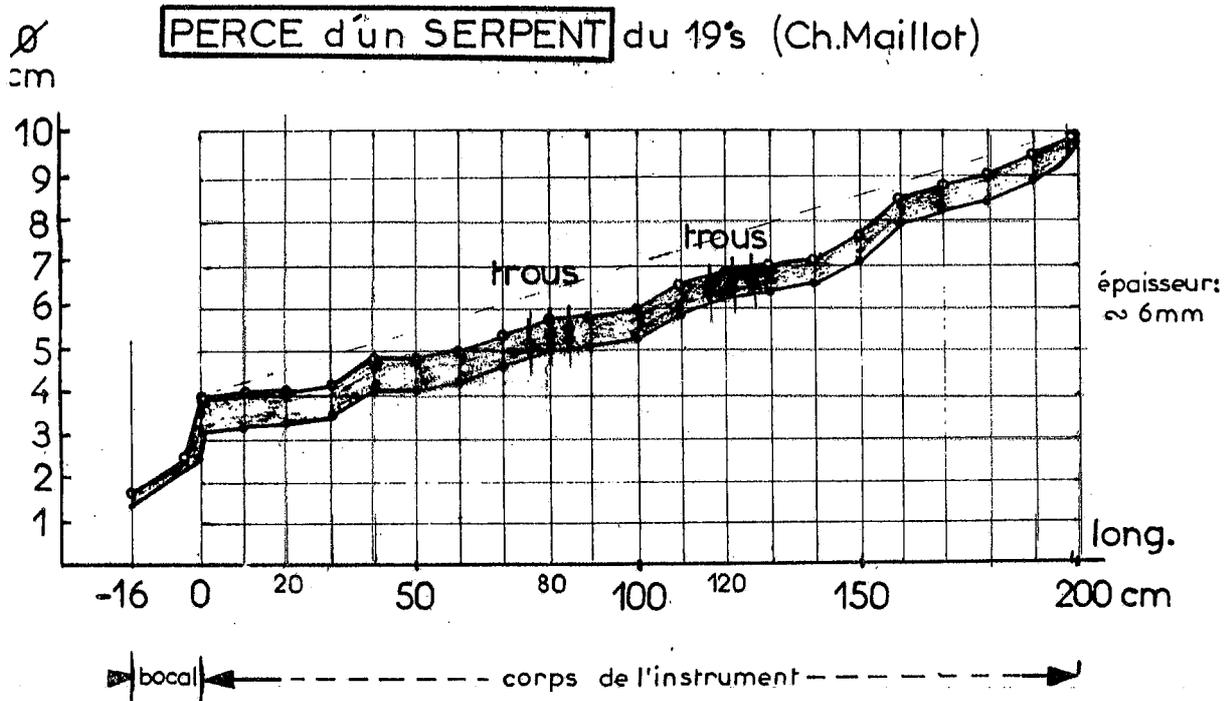
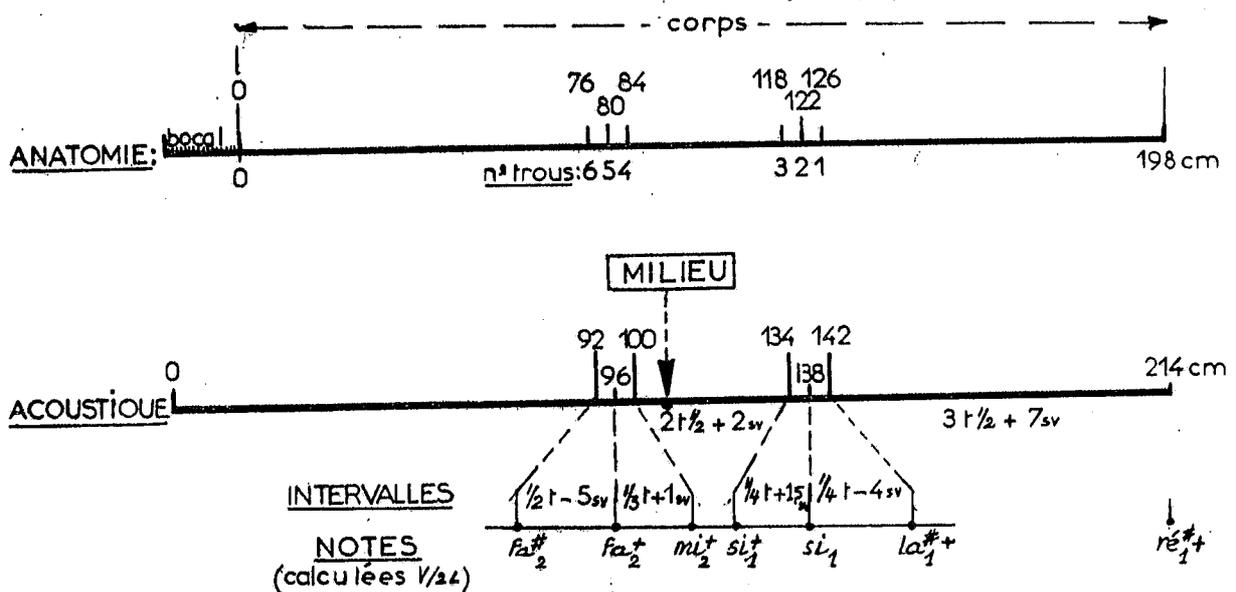


Fig 7. Dispositions acoustiques du serpent ci-dessus



On admet que le son de plus forte résonance est le même pour un tronç de cône et un cylindre ouvert aux deux extrémités.

La disposition des trous est très insolite, à première vue. En fait on ne joue pas sur la loi des longueurs: Le serpent se rapproche fonctionnellement d'un résonateur...

- Les trous

Lorsqu'on développe l'instrument, on est encore beaucoup plus frappé par la situation absolument anormale des trous, dont le diamètre est voisin de 13 mm. On numérote ici les trous en partant du bas (n°1) ce qui correspond à leur ordre d'ouverture théorique. On notera une particularité : alors que les trous 5 et 6 ont leurs parois à peu près perpendiculaires à l'axe du tuyau, les autres ont manifestement été grattés obliquement pour des raisons certaines, mais difficiles à deviner; ce n'est sans doute pas pour corriger la hauteur... Revenons à l'anomalie de la place des trous. Il s'est trouvé beaucoup de physiciens et d'expérimentateurs pour s'intéresser aux tuyaux sonores, depuis le siècle dernier. Parmi ces physiciens, BOUASSE est certainement celui qui a le mieux approfondi ces questions. Il fait état en particulier, d'une série d'expériences faites autrefois par LARROQUE sur les tuyaux coniques, et dont nous avons déjà eu l'occasion de parler à propos du COR D'ORCHESTRE (voir bulletin GAM n° 41 auquel nous renvoyons). De ces expériences il découle, pour les cas particuliers étudiés (comparaison de cônes et de cylindres donnés de même longueur) que le son de plus forte résonance (fondamental) est le même pour un tronç de cône et un cylindre de même longueur ouvert aux deux bouts. Contentons-nous pour le moment de cette réponse simplifiée, et calculons approximativement la fréquence d'un tuyau en forme de tronç de cône par la formule élémentaire de Bernoulli, soit

$$N = V / 2L \quad N, \text{ en Hz; } V, \text{ et } L \text{ en mètres.}$$

Prenons le cas précis du serpent de M. MAILLOT : longueur du corps 198 cm; longueur du bocal 16 cm (un demi-pied de roi). Soit donc une longueur totale de 218 cm.

Disposons les trous aux points voulus en portant les distances de ces trous à partir de l'embouchure (longueur acoustique) : soit 92, 96, 100 cm puis 134, 138, 142 cm (Fig. 7).

Calculons la fréquence fondamentale; on trouve ré dièze + .

Calculons encore les intervalles successifs entre les trous. On trouve, en les débouchant successivement : *(rappel : (°) = dièze ; (+) = plus haut de 1 ou 2 commas)*
ré"1 + . la" 1 + . si . si1 + . mi2 + . fa2 + . fa" 2 +

Drôle de gamme Etant donné les renseignements historiques et musicaux que nous avons sur la musique de serpent (plein chant; musiques militaires jusqu'en 1840 etc...) il est visiblement impossible que les trous du serpent aient comme fonction de raccourcir le tuyau, comme dans la flûte, pour "faire les notes" de la gamme européenne. Ils servent donc à autre chose. On a du mal à croire qu'ils ne servent à rien, sinon ils auraient disparu avant trois siècles d'usage. L'explication, nous l'avons déjà évoquée pour le cor : elle découle de l'association d'une anche "forte" à un tuyau "faible".

II) LE PROBLEME DE L'ASSOCIATION ANCHE LIPPALE TUYAU TRONC-CONIQUE

Rappelons pour commencer qu'un instrument de musique comporte toujours l'association d'un système "résonant" et d'un système excitateur. Le système résonant, dans le serpent, est *la colonne d'air du* tuyau tronç-conique; l'excitateur c'est l'embouchure "de cor", de dimensions et de forme un peu spéciales dans le cas du serpent.

A - LE TUYAU TRONC-CONIQUE

Pour le détail, nous renvoyons à notre bulletin GAM N° 41 (Cor). Rappelons simplement l'expérience de LARROQUE. Cet expérimentateur a trouvé que le tronç de cône et le cylindre ouvert aux deux bouts, ont, à longueur égale, même fonda-

mental et même "série d'harmoniques" complète (1,2,3 etc).

Il faut protester ici une fois de plus contre cette idée simpliste et fautive de tuyaux sonores qui donneraient automatiquement des séries harmoniques, ^{et} que l'on retrouve perpétuellement recopiée depuis le Moyen-Age dans les traités d'acoustique musicale et qui sont à la base d'innombrables "théories" sur l'harmonie, en particulier depuis RAMEAU. Celui-ci, comme beaucoup d'autres étaient frappés par le fait que lorsqu'on soufflait de plus en plus fort dans un tuyau, on sautait, à certains ^{moments} brusquement sur un autre son, "l'harmonique 2" (octave), puis l'"harmonique 3" (la douzième) etc... Il s'agit là d'une vue de l'esprit, que n'importe quelle expérience avec n'importe quel tuyau démontre comme fautive en toute rigueur. Lorsqu'on souffle de plus en plus fort dans un tuyau musical, on saute effectivement à une série de partiels successifs, c'est-à-dire de sons plus aigus venant de ce que le tuyau vibre successivement sur des régimes différents; ces sons ne sont pas des "harmoniques" mais des partiels, plus ou moins approchés des harmoniques du fondamental du tuyau selon :

- la taille (rapport longueur : diamètre) du tuyau
- le diamètre absolu du tuyau
- le système d'excitation.

Ainsi, une flûte peut donner une série de sons successifs en soufflant plus fort et qu'ils sont en rapports harmoniques, à condition :

- 1°) que le fabricant ait étudié une forme de tuyau très particulière (tenant compte implicitement - et empiriquement en général - de la "correction aux bouts").
- 2°) que le musicien corrige à l'oreille les partiels, nécessairement faux, en agissant sur l'excitation (par exemple, en pinçant plus ou moins l'anche pour des tuyaux à anche; en recouvrant plus ou moins l'embouchure pour la flûte traversière - tout en modifiant éventuellement le "souffle dans les deux cas.)

Dans ces conditions, le musicien habile joue "juste" (c'est-à-dire conforme à une gamme donnée); mais il pourrait aussi bien jouer faux ou jouer une autre gamme s'il est habile et s'il a de l'oreille.

Finalement, il faut séparer le problème en deux parties distinctes et considérer d'une part les particularités acoustiques du tuyau, dans le cas du serpent, puis préciser les particularités du système excitateur. Le couplage tuyau-excitateur fournira ensuite de soi la réponse à l'aspect l'apparence paradoxale de l'acoustique du serpent.

Revenons donc au tuyau, dont la description ci-dessus nous montre qu'il est à perce très large (de 6 à 10 cm....) et que, de plus il s'agit d'un évasement important (angle du tronc de cône). On est ici très loin du tuyau quasi-cylindrique de la flûte ou de la clarinette, dont la taille est de surcroît très fine. Dans ce dernier cas, l'expérience montre que le champ de liberté des hauteurs est relativement faible, sauf pour les notes graves; par contre le tuyau du type "serpent" s'approche beaucoup plus, fonctionnellement, d'un "résonateur". On sait que dans ce cas, un "corps sonore" produit, lorsqu'on souffle de plus en plus fort, une série discontinue de partiels plus ou moins quelconques (en tout cas toujours très éloignés d'une série harmonique) mais on peut modifier ^{leur} hauteur fondamentale, en changeant la section d'ouverture des trous. Le rôle des trous n'est donc plus, ici de "raccourcir le tuyau sonore", mais de changer le fondamental par modification de ^{la} section. Et dès lors, on peut percer les trous en des endroits assez quelconques, pourvu que leur section soit correcte. On comprend dès lors que les fabricants de serpent aient placé deux séries de trois trous là où il était possible, sans clefs, de les boucher ou déboucher avec les doigts. On retombe quelque peu

dans le cas de l'ocarina, où nous avons fait souvent la démonstration qu'on peut jouer une gamme ascendante, par exemple, en débouchant les trous dans un ordre absolument quelconque à condition de bien découvrir chaque fois une surface de trou correcte....

On comprend mieux ce que recherchaient les fabricants de serpents, en raisonnant comme si le tuyau était un résonateur, et la question devient claire :

- 1°) On perce une série de trous au voisinage du milieu du tuyau. On pourra ainsi varier facilement la section d'ouverture totale en ce point par l'action des trous "main gauche" (fig.5) et jouer, pour chaque section une série de partiels. On disposera donc de trois séries de partiels pour cette main et ce sera au musicien d'apprendre à choisir le "bon" eu égard à la gamme qu'il désire réaliser. Le choix sera difficile; souvent il y aura plusieurs partiels dans les trois séries, qui correspondront à la même note; mais ces diverses "notes" n'auront pas le même timbre; au musicien de choisir le "bon timbre" simultanément avec la "bonne hauteur". On voit par avance que le jeu consistant à déboucher successivement les trous pour faire une gamme ascendante, comme pour la flûte est possible sans doute mais on n'aura pas ainsi la meilleure "famille de timbres". On voit que le "bon" jeu de serpent est certainement très difficile si l'on est un peu raffiné !
- 2°) On perce ensuite une série de trous (ceux du bas) situés au voisinage du tiers inférieur de la longueur totale. On aura ainsi une deuxième série de partiels, différents de ceux de la série précédente.

Avec les deux séries de trois fondamentaux et leurs partiels relatifs, le musicien, s'il est habile, peut faire à peu près tout ce qu'il veut, surtout si on tient compte du deuxième point important; celui du système d'excitation du tuyau.

B - LE SYSTEME EXCITATEUR

Nous renvoyons au bulletin 41 (COR). Rappelons simplement que le musicien entraîné fait produire à ses lèvres seules toutes les hauteurs de sons qu'il désire, opération facilitée par l'embouchure. Rappelons aussi que le système excitateur lèvres-embouchure est un système "fort", eu égard aux fortes pressions et au débit relativement important qui est utilisé dans des instruments à embouchure de cor, et ceci nous amène à considérer le problème du couplage corps sonore-excitateur. C'est ce couplage qui va nous per-

mettre de comprendre les "anomalies" apparentes du serpent.

C - LE COUPLAGE TUYAU-LEVRES dans le serpent.

Le tuyau, en raison de sa forme et de l'état de surface interne de sa perce est un système acoustiquement amorti, qui est donc acoustiquement "faible" c'est-à-dire qui pourra être mis aisément en vibration forcée par un système "fort". Dès lors tout devient clair : les lèvres produisant la fréquence désirée par le musicien, ceci dans une échelle continue; elles "forceront" le tuyau à vibrer à la fréquence choisie dans une très large mesure, d'autant plus grande qu'il s'agit de fréquences plus graves (tuyau plus long, donc plus amorti).

Pour le montrer, nous avons fait lors de la réunion du GAM les deux expériences suivantes que tout le monde peut refaire :

- Nous avons bouché tous les trous; puis en réglant souffle et lèvres, nous avons joué une gamme ascendante complète (qu'un bon musicien aurait pu sans doute faire beaucoup plus "juste".... On peut aussi monter en "continu"; mais de temps à autre il y a des "passages" difficiles

- ensuite nous avons joué une note grave donnée, tous trous bouchés. Puis, en réglant correctement souffle et lèvres, nous avons montré qu'on pouvait jouer cette même note grave en débouchant successivement les trous de l'instrument... ce qui est bien entendu assez inattendu, car nous sommes conditionnés à entendre "do ré mi fa sol" lorsqu'un flûtiste débouche successivement les trous de son instrument !

Bref, la démonstration est claire - et rejoint d'ailleurs les conclusions de BOUASSE.... Le musicien, s'il est habile, "sort" n'importe quelle note avec n'importe quels trous débouchés; mais ces notes sortent plus ou moins bien, facilement; et leur timbre est plus ou moins "bon". Toutes les tablatures sont "bonnes" mais il faut apprendre à s'en servir (fig.8). Si le musicien utilise une tablature du type "MERSENNE" (trous débouchés successivement), il jouera bien une gamme; mais les notes ne seront les meilleures que si le facteur s'est arrangé pour construire son instrument pour cette tablature... Mais toute autre tablature ira également. Finalement, étant donné que la perce des serpents n'était certainement pas normalisée (la technique de lutherie en cause étant difficile), c'est au musicien, ayant acheté tel ou tel instrument, de rechercher la tablature qui convient au mieux à cet instrument et à ses goûts de timbre personnels.

CONCLUSION :

Le serpent est un instrument très difficile à bien jouer : il n'est faux et "horrible de timbre" que si le musicien n'a pas d'oreille, est malhabile, ou a "mauvais goût". En tout cas il faut sûrement des années pour apprendre à jouer du serpent proprement - au moins autant que pour apprendre à jouer de la clarinette, et la technique n'a rien à voir avec celle du trombone ou du cor, encore moins avec celle de la flûte. D'où les conclusions ridicules reproduites dans la plupart des ouvrages modernes qui parlent du serpent : ont essayé d'en jouer des joueurs de trombone, des cornistes etc... qui prétendaient, sous prétexte qu'ils savaient jouer du trombone ou du cor, savoir jouer instantanément du serpent.....

La question est donc claire; le serpent est un instrument intéressant musicalement, mais il faut apprendre à s'en servir et tous les avis formulés habituellement sur la foi de quelques essais mal faits par des gens incompetents dans le jeu de l'instrument ne peuvent aboutir qu'à des conclusions fausses.

Le drame, c'est qu'il n'y a plus personne pour savoir jouer de l'instrument depuis plus d'un siècle et que même si on trouvait une "méthode" (nous n'avons pas pu en trouver...) ce serait très insuffisant : la musique ^{instrumentale} est une chose compliquée pour laquelle une méthode ne suffit pas : il faut des exemples sonores faits par un maître et que l'élève tente ensuite d'imiter, le maître détenant en musique traditionnelle, des informations qui dépassent très largement ce qui peut être traduit par des mots dans l'état actuel de nos connaissances.

La question est donc jugée : le cor et le serpent ont été abandonnés sous prétexte qu'ils sont des instruments "faux" et de timbre horrible; en fait ce sont des instruments qui exigent beaucoup plus du musicien qu'un piano ou une flûte; car la hauteur et le timbre possèdent ici des champs de liberté beaucoup plus considérables, et que le musicien doit apprendre beaucoup plus longuement à jouer du serpent que du piano ou de la flûte à bec pour réussir à réaliser une oeuvre musicale de difficulté comparable. Comme le disait déjà BOUASSE à ce sujet : "le mauvais ouvrier se plaint toujours de ses outils".

Il nous reste à parler rapidement de la spectrographie du serpent

...../

Fig 8.

SERPENT — deux tablatures (Encycl. et 1816)

The image shows two musical staves for the serpent. The top staff is labeled 'n° trou' and has fingerings for holes 1-6. The bottom staff is labeled '8a. peu usité'. Both staves have corresponding fingering diagrams below them. The top diagram is labeled 'ENCYCL. Diderot. 1751-77' and the bottom one 'fin Encycl.'.

En raison de l'énorme champ de liberté du serpent on peut produire la même note avec les doigts les plus divers, et on comprend l'existence de tablatures variées, très différentes. Cependant les constructeurs de serpent cherchaient certainement à faire des instruments qui, avec un doigté rationnel, produisaient des séries de sons homogènes, au mieux. Mais en fait le musicien habile utilisait certainement un doigté personnel, qu'il établissait empiriquement en fonction de son instrument personnel et de ses moyens anatomiques (lèvres).

Fig 9

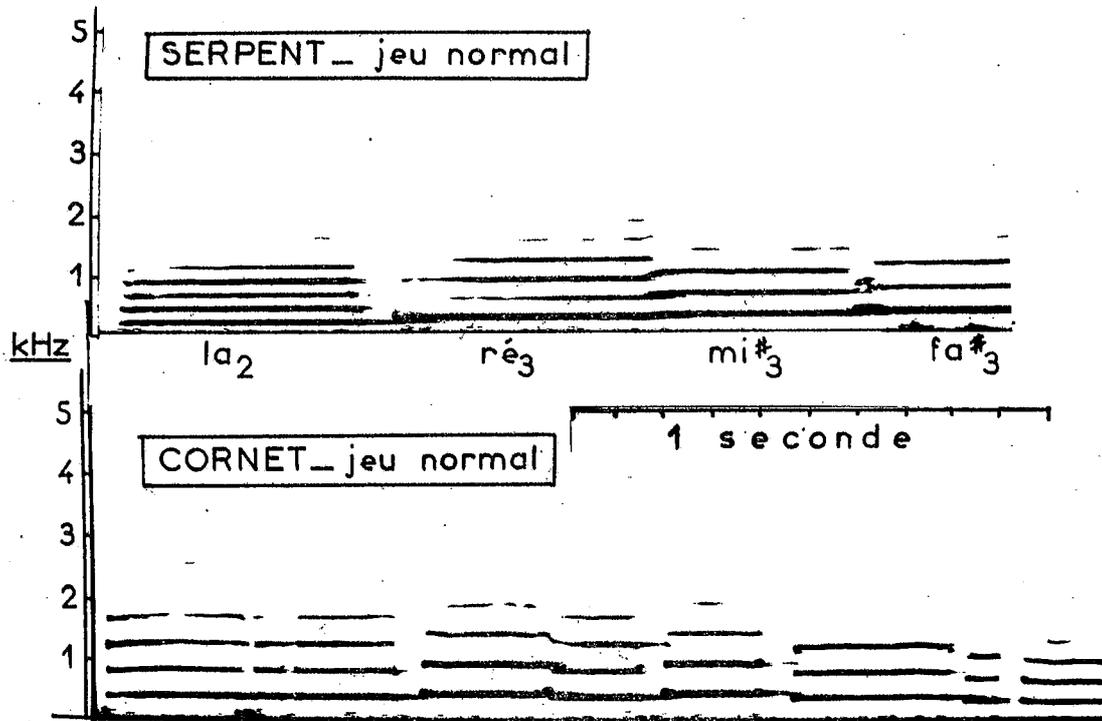
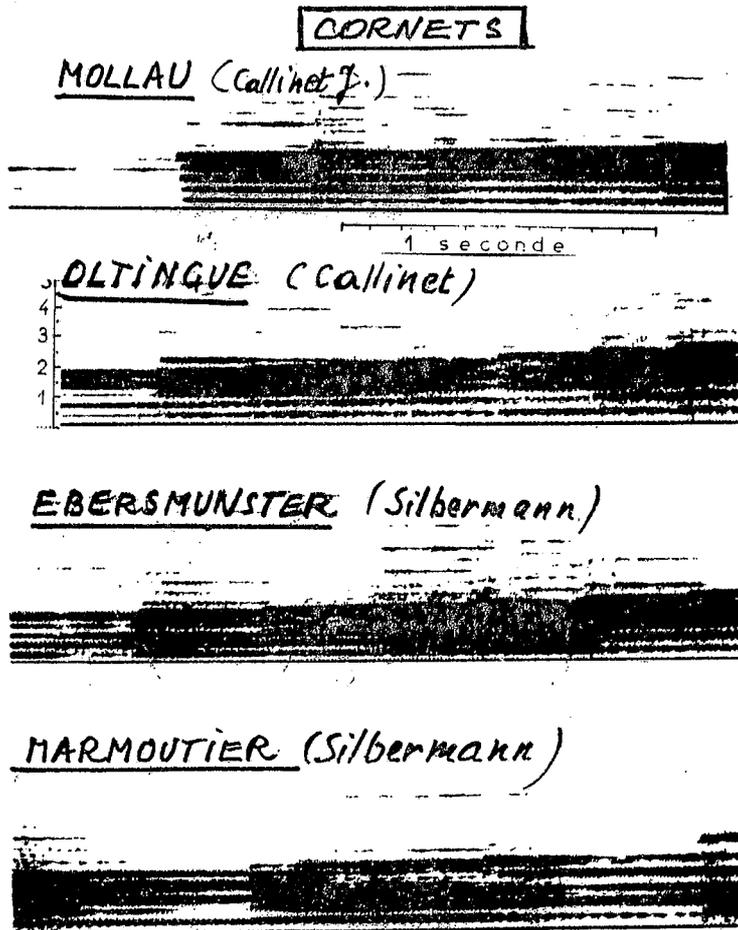


Fig 10



III) LA SPECTROGRAPHIE

Ce que l'on vient de dire exclut en fait toute possibilité de raffiner sur la spectrographie du serpent... Il faudrait pour cela d'abord avoir sous la main quelqu'un qui sache jouer de l'instrument et qui en ait appris, à bonne école, toutes les fines- ses sonores dont parlent Mersenne et d'autres, - car nos ancêtres n'étaient certes pas plus sourds que nous et avaient sans doute autant de goût pour les " beaux " sons que nos contemporains ...

Donnons tout de même quelques allures spectrales. Nous avons eu naguère au laboratoire, la visite d'un soi-disant spécialiste du jeu du serpent et nous avons fait des enregistrements et quelques analyses. Mais il faut bien le dire au départ rien que de regarder les dimensions de l'embouchure qu'utilisait le musicien on peut émettre des doutes quant à l'authenticité de la sonorité ainsi produite. Voici tout de même, à titre indicatif quelques sonagrammes montrant des allures spectrales.

Voici d'abord des notes de serpent et de cornet. Les analogies spectrales sont évidentes.... le serpent est bien, acoustiquement, le "grand frère " du cornet à bouquin (fig.9). On notera que dans les deux cas il y a peu d'harmoniques en présence (5 ou 6).

Pourquoi Mersenne et d'autres, insistent-ils sur le fait que le serpent est surtout utile pour accompagner les voix, les soutenir dans le grave, leur "donner du creux" (entendez du fondamental objectif....). Pour comprendre à quel point ces observations et cet usage sont justifiés, il suffit de comparer l'allure de spectre du serpent avec celle d'une voix de basse d'opéra.... Ici, le chanteur produit des spectres denses dans la zone sensible de l'oreille; il "place" sa voix pour la rendre auditive- ment la plus efficace possible pour l'oreille; mais le "grave" du spectre d'une voix de basse ne montre que peu d'énergie dans les fréquences graves : le serpent apporte- ra donc du " creux " dans l'association serpent-chanteur.

Une autre question nous a intriguée. Dans l'orgue on trouve couramment des jeux appelés "cornet" ou "ophicléide". Le cornet d'orgue comporte habituellement 5 rangs de tuyaux à bouche donnant simultanément cinq sons accordés par ordre harmonique. Nous avons fait de nombreuses analyses de cornets d'orgue classiques (CALINET, SILBERMAN etc...) dont voici quelques exemples spectrographiques (Fig.10). On vérifie instantané- ment que les facteurs ont parfaitement compris l'allure spectrographique du cornet et en on fait une synthèse tout à fait correcte. Même observation pour l'ophicléide... On ne peut manquer, une fois encore, d'être plein d'admiration devant ce que peut réa- liser empiriquement l'homme habile ! La science pourrait probablement en faire autant, à condition d'avoir toutes les données du problème. Ce n'est vraiment pas le cas dans l'état actuel des choses où l'acoustique des tuyaux excités par l'homme reste un pro- blème non résolu. Non pas à cause des tuyaux, que l'on peut étudier par voie mathéma- tique et physique; mais parce qu'il est quasi impossible de définir les conditions les plus importantes, celles du système excitateur.

IV) FABRICATION DU SERPENT

C'est théoriquement simple. On prend un bois bien sec (noyer selon Mersenne); deux poutres.... On creuse, en s'aidant des gabarits en demi-cercle dont parle Mersenne, deux canaux serpentins.... On colle les deux morceaux ensemble. On amincit le bois jus- qu'à une ligne (3 mm... environ). On enroule des bandes de cuir autour. On perce les trous là où ils tombent bien sous les doigts, compte tenu du fait qu'on veut pouvoir jouer aisément l'instrument même en marche ou à cheval

Puis... vous apprenez à en jouer. Pour jouer proprement du cor, il faut cer- tainement ^{au moins} trois ou quatre ans et un bon maître. Si vous ne faites pas cet effort, vous "soufflerez" dans le serpent mais vous n'en jouerez pas. La recette est donc simple. Bon courage.

C O N C L U S I O N S

Le serpent valait bien la peine qu'on s'y arrête.... C'est un monstre (délicat!) Mais comme le pathologique éclaire le normal, l'étude acoustique du serpent permet de poser correctement le problème des autres instruments à vent, et, au passage le serpent nous apprend à nous défier de l'acoustique simpliste des tuyaux, ce qui n'est déjà pas un mince mérite !

A une époque où de plus en plus de gens "font de la musique ancienne" et où l'on tente de résusciter les instruments anciens, le serpent devrait inspirer de la prudence à beaucoup ! Qu'est-ce donc qu'un instrument de musique si on n'a pas le musicien qui sache en jouer ?... Peut-être à force de patience, un fabricant amateur réalisera-t-il quelque jour un serpent correct. Mais le problème n'est pas là : les modèles ne manquent pas. Ce qui manque, c'est le professeur pour enseigner la façon d'exploiter toutes les possibilités et richesses du serpent, l'art du jeu du serpent, lentement élaboré pendant des siècles.... Peut-être, à force de patience, en cherchant bien dans les méthodes, militaires ou autres, et en demandant à des témoins auriculaires (qui doivent bien exister encore) pourrait-on retrouver le "chant" perdu du serpent. Il y aurait là un joli thème de recherche pour un musicien curieux de faire quelque chose d'original et d'intéressant. Souhaitons que la réunion du GAM suscite des vocations

E. LEIPP - 18 Novembre 1972

par Jacques LEGUY

I. PRESENTATION DE L'INSTRUMENT

Le cornet à bouquin fut un instrument que les anciens avaient en très haute estime mais qui fut abandonné à la fin du XVIIIème siècle.

Dès le haut Moyen-Age il trouva sa place dans les ensembles instrumentaux : sa forme courbe provient de la corne d'animal dans laquelle il était taillé à l'origine.

Son principe de production sonore est celui du cor. L'anchelippale vibre dans une embouchure (le bouquin). Le tuyau sonore associé à cet excitateur est court (beaucoup plus court que celui des cuivres classiques) et à perce fort large en regard de celle des trompettes et cornet à piston. Les différents tons se font à l'aide de trous que l'on débouche successivement, comme sur une flûte ou un hautbois.

Cette embouchure de cor et le tuyau sonore à trous, qui le composent, le placent à mi-chemin entre nos cuivres et nos bois.

Au Moyen-Age simple corne d'animal, il se perfectionne vite et la Renaissance définit la technologie de fabrication de l'instrument en deux parties longitudinales gougées puis collées ensemble et recouvertes de cuir. Le matériau utilisé était le bois de nos arbres fruitiers ou les bois exotiques (palissandre, ébène, bois de rose). Plus rarement les cornets étaient taillés d'une seule pièce et de forme courbe dans de l'ivoire massif et faisaient l'objet de multiples décorations et incrustations, les présentant comme de véritables chefs-d'oeuvre d'orfèvrerie.

Les cornets constituaient une famille complète d'instruments : outre le dessus étudié ici, on rencontrait l'alto, la taille (tenor) et la basse autrement appelée le "Serpent" par la forme tourmentée de l'instrument, ainsi construit afin de permettre à l'instrumentiste d'accéder aux trous latéraux.

Mais seul le dessus des cornets resta l'instrument à vent le plus apprécié et inimitable par la chaleur de sa sonorité et la précision de son attaque. Son jeu, réputé difficile par ses contemporains au XVIIème siècle, lui permit une virtuosité qui le mit à l'égal du violon en Italie et en Allemagne.

Tel est l'instrument dont nous nous proposons d'étudier les caractéristiques acoustiques, tant sur le plan du timbre que sur celui du couplage liant l'embouchure de cor et le tuyau sonore associé, différant totalement par sa longueur et sa perce de celles des cuivres classiques (Trompette, cornet à pistons).

II. HISTORIQUE SOMMAIRE

Au Moyen-Age, l'olifant était obtenu en évidant une corne d'animal et en la coupant à sa petite extrémité pour y ménager l'embouchure. Une telle corne ne pouvait produire que deux ou trois notes : fondamental, partiels 2 et 3 (approximativement octave et douzième du fondamental). L'idée d'y pratiquer des trous latéraux ne fut guère tardive (on jouait déjà de la flûte) et l'on a ainsi une première forme de cornet à bouquin.

La Renaissance consacre l'instrument en le modernisant en sa facture et en son embouchure qui devient séparable. Le cornet trouva vite sa place à l'église pour soutenir les voix de "Dessus" des jeunes garçons et par conséquent prit la tessiture de leur voix, soit la2 à la4 : c'est le " Grand Cornet d'Allemagne " que l'on trouve déjà chez Guillaume de Machaut. Cet usage religieux se prolongea jusqu'au XVIIIème siècle (J.S. BACH s'en sert dans ses Cantates comme soutient des Soprani dans les chorales).

...../

Puis au XVIIème siècle (selon Praetorius et Mersenne) l'instrument devient le dessus des ensembles de cuivres comprenant deux cornets et trois trombones (sacqueboutes) et prend même la place équivalente du violon en Italie : sonates de cornet accompagnées par la Basse Continue (clavecin et viole de gambe) fleurissent et son jeu d'une rare difficulté en fait un instrument de qualité et de virtuose qu'un Monteverdi portera à sa perfection dans son " Orfeo " et ses " Vespro della Beata Vergine ".

Le son qu'il produit est, d'après Mersenne " semblable à l'éclat d'un rayon de soleil qui paraît dans l'ombre ou dans les ténèbres, lorsqu'on l'entend parmi les voix dans les églises cathédrales ou dans les chapelles ".

Vers 1610 apparaît le petit cornet (cornettino) une quarte plus aigu que son aîné, afin de pouvoir le jouer dans l'aigu aussi haut que le violon de l'époque. C'est ce cornettino que nous étudierons ici. Son " bouquin " est de taille réduite (diamètre intérieur aux lèvres d'environ 11 mm) et la cuvette qu'il forme est de profondeur variable suivant l'instrumentiste. Le grain (petit trou au fond de la cuvette) est d'une ligne (environ 2,5 mm) selon Mersenne. Le cornettiste embouche l'instrument à la commissure droite ou gauche des lèvres vu la petitesse du bouquin et la plus grande sensibilité des lèvres à cet endroit.

Cet instrument vit son déclin et son abandon à la fin du XVIIIème siècle. Seul le Serpent (basse des cornets) survivra au XIXème siècle sous les huées et les quolibets des romantiques.

Plusieurs raisons à cet abandon se présentent : difficulté du jeu, éclat moindre que la trompette, modernisation inutile (les clefs n'aident en rien le joueur), et abolition des privilèges ne permettant qu'aux nobles de jouer de la trompette (le cornet faisait figure de trompette du manant, mais peu arrivaient à le faire sonner juste et beau, ce qui justifie la recherche des bons cornettistes par les Princes et les rois musiciens).

La raison la plus importante, et peut-être la plus juste, est surtout qu'à l'aube du romantisme, tous les instruments furent modernisés afin de les rendre plus performants (recherche de percées, simplifications des doigtés grâce à l'adjonction de clefs entraînant un positionnement des trous plus logique et fonctionnel).

Mais le problème de l'embouchure adaptée à un tuyau aussi court ne pouvait être résolu simplement. Le jeu trop difficile et trop différent des autres instruments à embouchure de cor fait encore de nos jours considérer le cornet à bouquin comme "faux" et "laid". Il n'y est pour rien et l'instrumentiste doit beaucoup le travailler pour arriver à une justesse impeccable et à un timbre velouté.

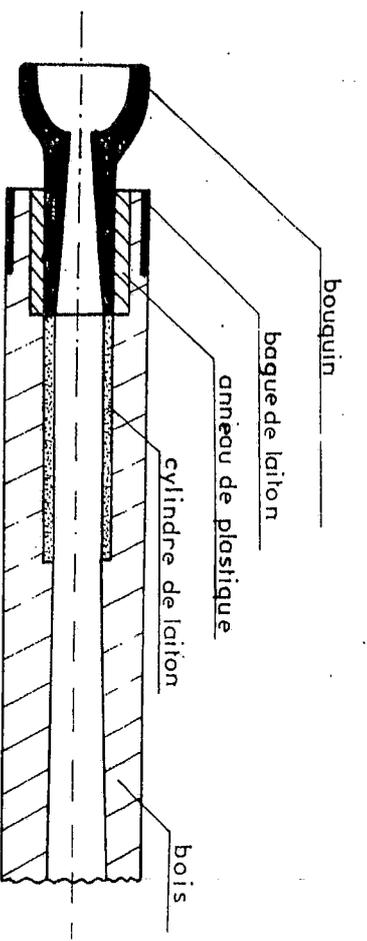
III. RAPPEL DES CONNAISSANCES ACOUSTIQUES SUR LES INSTRUMENTS A EMBOUCHURE DE COR. POSITION DU PROBLEME.

Le système comporte :

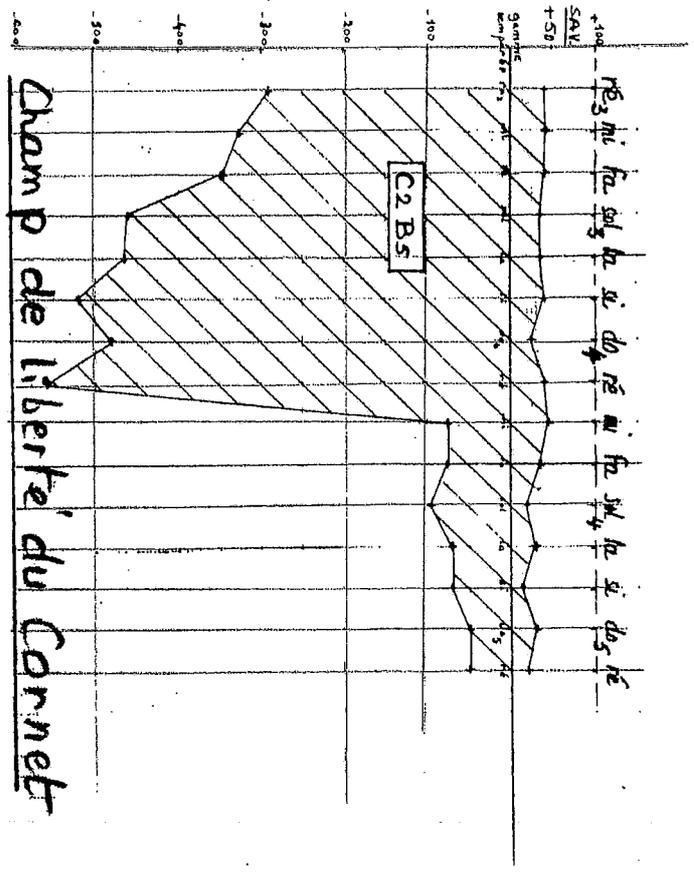
- un excitateur formé de l'anche lippale et du bouquin
- un "corps sonore" qui amplifie et déforme le son de lèvres.

1°) Système lèvres-bouquin.

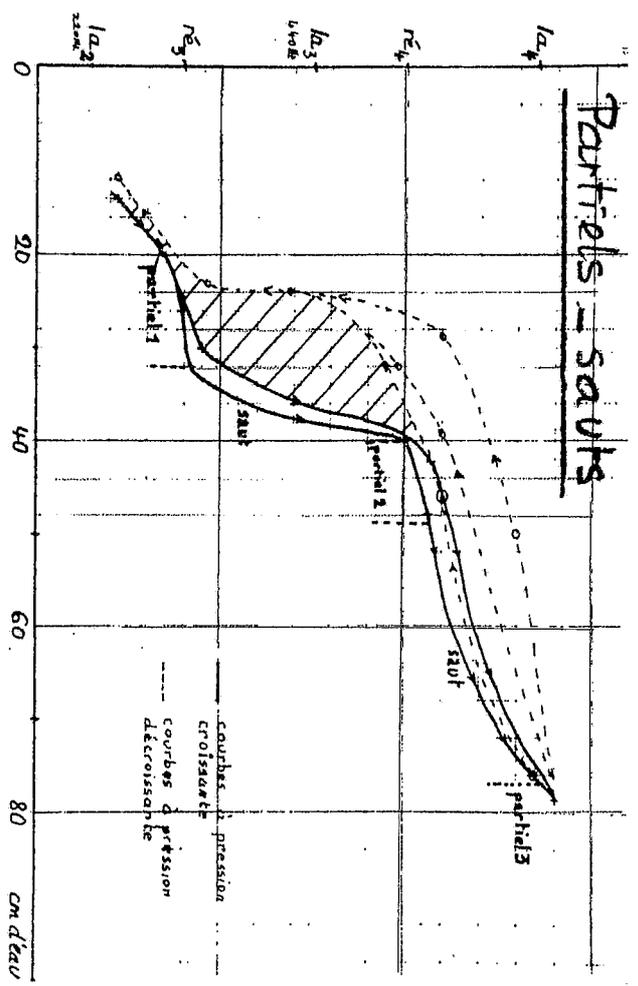
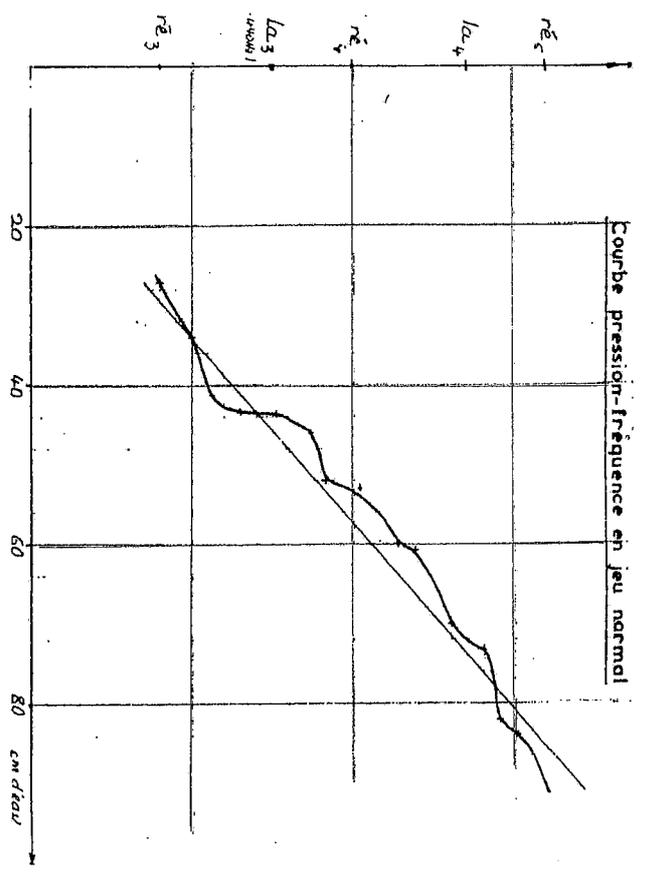
Les lèvres sont commandées par deux systèmes de muscles qui se complètent : l'orbiculaire règle l'ouverture et la fermeture de la bouche et le buccinateur règle le mouvement avant-arrière des lèvres.



Coupe longitudinale de l'installation du bouquin dans le corne



Champ de liberté du Corne



Partiels - sauts

Lors du mécanisme de vibration des lèvres, la pression croît dans la cavité buccale : les lèvres se déforment vers l'avant, maintenues fermées par le buccinateur qui les tirent en arrière; sous l'effet de la pression croissante, les lèvres s'entr'ouvrent et l'air s'échappe. La brusque dépression dans la cavité buccale ramène les lèvres à leur point de départ et le processus recommence.

Nous sommes donc en présence d'oscillations de relaxation dont le diagramme en pression-temps est en dents de scie donc riche en harmoniques de tous rangs, d'autant plus que la dépression est brusque.

Cette oscillation détermine un son musical dans la mesure où sa fréquence est supérieure à 30 Hz, dont la hauteur dépend de la pression délivrée par les poumons, du tonus des muscles buccaux et de la longueur vibrante des lèvres. On peut donc, si l'on est bien entraîné, jouer des airs précis avec les lèvres seules : on peut relever des harmoniques jusqu'à 8000 Hz au moins sur les sonagrammes. Mais l'expérience montre que cet exercice est très difficile, d'où l'invention de l'embouchure.

Il suffit de percer dans une plaque de quelques mm d'épaisseur un trou de 20 mm de diamètre pour réaliser une embouchure. Mais le son est difficile à contrôler, aussi on inventa une cuvette afin de rendre l'émission plus facile.

La variété de forme et de grosseur des embouchures varie selon l'usage : pour les sons graves de grosses et larges embouchures sont nécessaires, pour les aigus les petites sont préférables. Il est bien connu des musiciens que le son est d'autant plus éclatant que le grain est plus près des lèvres et plus étroit. Mersenne l'avait déjà remarqué au XVIIème siècle.

C'est pourquoi, vu que la hauteur du son est faite par les lèvres et le bouquin, il est utile de comparer les sons émis par des bouquins de différentes grosseurs et de différentes profondeurs.

La matière dans laquelle est tourné le bouquin importe également : on en a retrouvé en ivoire, en corne et en bois dur (ébène, buis) avant la fabrication classique en métal.

2°) Le corps sonore

Les instruments traditionnels ont tous un corps sonore de forme plus ou moins cylindro-cônique, impossible à mettre simplement en équation, issu de l'expérience séculaire des facteurs d'instruments.

La Physique nous donne des théories sur des corps sonores de forme particulière et géométrique. D'où une profusion de paradoxes et d'incompréhensions entre les physiciens et les musiciens.

Les expériences tentées sur ce sujet en laboratoire sont faites à partir de tuyaux excités par un ionophone, des haut-parleurs ou une anche battante, mais ne peuvent retracer l'exacte réalité à cause du grand nombre des paramètres mis en jeu que l'on ne peut, faute de système d'expérimentation, faire varier un par un. Leur dénombrement est déjà un problème. Tout ce que l'on peut prétendre n'est qu'approcher la réalité au moyen d'études qualitatives, de recoupements judicieux qui livrent des renseignements.

Rappelons tout d'abord qu'en soufflant sur l'arête d'un tuyau cylindrique ouvert aux deux bouts et en forçant graduellement le souffle, on entend d'abord le fondamental puis le partiel 2 (à peu près l'octave), le partiel 3 (à peu près la douzième) qui se rapprochent d'une série harmonique (fréquence double, triple,.... du fondamental).

Les tuyaux fermés à un bout ne donnent que des partiels se rapprochant des harmoniques impairs (1,3,5...). Chaque partiel correspond à un découpage automatique du tuyau en 2,3,... parties égales et seraient obtenus en excitant des tuyaux 2 fois, 3 fois.... plus courts. Cette division à l'intérieur du tuyau se traduit par la présence de "noeuds" et "ventres" de pression et de vitesse (noeud de vitesse = ventre de pression). Pour un tuyau ouvert aux deux bouts, on a à chaque bout un ventre (de vitesse) et un noeud au milieu, en régime fondamental. Pour le partiel 2, un ventre aux deux extrémités et au milieu, avec noeuds intermédiaires etc...

Cependant, chaque partiel a ses propres harmoniques et doit être considéré comme un son musical.

En pratique, en raison de la correction à effectuer au bout ouvert, les partiels d'un tuyau ne sont pas exactement les multiples de son fondamental et s'en écartent même parfois beaucoup.

Le cornet à bouquin a une perce formée à peu près de deux troncs de cône qui se raccordent au niveau du trou situé le plus près de l'embouchure; l'instrument s'évase plus en proportion de l'embouchure jusqu'à ce trou que de ce trou à l'extrémité libre de l'instrument (appelée patte).

Rappelons brièvement la théorie des tuyaux coniques.

On trouve dans divers traités (ceux de Bouasse en particulier) - la théorie complète des tuyaux coniques et cylindro-coniques. Les conclusions en sont les suivantes :

Un cône complet a un noeud (de vitesse) sur la pointe et un ventre au bout ouvert. Il émet une série de partiels identiques à ceux d'un tuyau cylindrique de même longueur et ouvert aux deux bouts. Pour le partiel 2, on vérifie que la distance de la pointe au premier ventre est nettement plus longue que la distance noeud-ventre suivante. De même pour les autres partiels.

Mais un instrument réel n'est jamais un cône complet : il faut ménager un trou à la pointe pour exciter le tuyau. On a donc un tronc de cône, qui, théoriquement (expériences de LARROQUE) "donne" la série complète d'harmoniques, de la même façon qu'un tuyau cylindrique ouvert aux deux bouts. On trouve des détails sur ces questions dans le bulletin GAM n° 41 (Le Cor d'Orchestre : LEIPP - THEVET).

3°) Le couplage embouchure-lèvres et corps sonore

Toutes les expériences faites montrent que la réalité est beaucoup plus complexe qu'on ne croit à cause du couplage entre le système lèvres-bouquin et le corps sonore qui lui est associé. Quelles sont les actions de l'un sur l'autre et réciproquement ?

Si l'excitateur lèvres-bouquin se trouve accordé sur l'un des partiels du tuyau, il n'y a pas de problème, la fréquence perçue est celle des lèvres, ou du tuyau.

Mais si le cas ne se trouve pas réalisé, le tuyau va réagir sur les lèvres et réciproquement, différemment suivant les cas.

En effet du point de vue énergétique, une onde stationnaire entretenue dans un tuyau possède une énergie W . Mais le système excitateur lèvres-bouquin, étant le siège d'oscillations de relaxation, possède aussi une certaine énergie W' .

Selon M. LEIPP, en soufflant sur le bord d'un tuyau, on crée une lame d'air dont les oscillations périodiques produisent le son perçu, car on ne peut entendre l'onde stationnaire qui reste dans le tuyau. Cette lame d'air est une anche aérienne très faible, déformable sous l'action d'une force minime. Dans ces conditions l'onde stationnaire a une énergie W très supérieure à celle de la lame d'air W' et impose sa fréquence à l'anche ainsi formée.

Dans ce cas le tuyau impose sa fréquence à l'anche.

Mais si l'on excite le tuyau par le système lèvres-bouquin, on a une anche forte qui fait vibrer la colonne d'air du tuyau en vibrations forcées (W' W) et impose donc sa fréquence au tuyau considéré : il découle immédiatement qu'un tel système peut faire sonner un tuyau d'une façon bien différente de celle prévue par la théorie.

En réalité les lèvres n'arrivent pas toujours à imposer leur vibration et le couplage se situe entre les deux extrêmes : on vérifie que dans le grave du cornet à bouquin, le musicien peut faire varier de façon importante la fréquence du son émis. Il s'agit du "champ de liberté" en fréquence que nous allons maintenant définir plus précisément.

Il est évident que, lorsqu'un instrumentiste produit une note donnée, il la produit d'autant plus sûrement et nettement que sa technique le lui permet. Mais pour un même doigté (ou une même position) le musicien peut faire varier la hauteur du son émis, quelquefois dans une proportion importante, entre deux limites aigüe et grave au-delà desquelles l'instrument ne sonne plus dans le régime désiré. C'est le champ compris entre ces deux limites que l'on appelle le champ de liberté en fréquence de l'instrument pour la note considérée. Il est intéressant de relever ce champ sur toutes les notes d'un instrument. Celui du cornet en particulier, que l'on exposera dans l'expérimentation qui va suivre, éclaire d'un jour nouveau les questions relatives à la "justesse" d'un instrument.

Les expériences déjà faites sur les instruments à embouchure de cor (sur le cor d'harmonie et la trompette par le Laboratoire d'Acoustique de la Faculté des Sciences de Paris) montrent que le champ de liberté de tels instruments est d'une importance énorme. Ce qui explique partiellement qu'une série d'harmoniques impaires en théorie puisse devenir complète dans la pratique....

Il ressort de ces constatations que l'on peut produire tout ce que l'on veut avec un instrument à embouchure de cor, pourvu que l'on ait les lèvres suffisamment entraînées; et d'après M. LEIPP on peut dire qu'aucun instrument à tuyau ne peut être juste, quelle que soit la forme qu'on lui donne.

Le cas du cornet à bouquin, comme celui du serpent se complique encore par la présence de trous. En effet lorsqu'on débouche un trou, on ne peut dire si l'instrument est ouvert ou fermé. Le bout de tuyau résiduel en aval du trou a aussi son importance, comme résonateur. Il importe alors d'accorder ce résonateur sur une série de fréquences qui permettent de restituer une échelle musicale correcte.

Disons quelques mots de la fabrication de l'instrument.

IV. EXPERIMENTATION ET RESULTATS.

1°) Fabrication

Rappelons la technologie de fabrication des cornets : à partir de bois brut, on gouge les deux moitiés longitudinales de l'instrument. Puis on ménage près du bouquin un conduit en laiton de diamètre 6 mm. On colle ensuite les deux moi-

tiés, on taille l'extérieur en forme octogonale et on perce les trous (voir fig.1). Les anciens avaient coutume de recouvrir les cornets de cuir noir, pour en assurer la solidité et la longévité. Nous n'avons pas recouvert nos cornets expérimentaux car c'est un travail très délicat qui demande une longue pratique et qui n'influe pas ou très peu sur la sonorité.

La forme du tuyau sonore qu'a le cornet est très complexe. Les relevés effectués s'accordent cependant sur un point : la forme du tuyau semble composée de deux troncs de cône : contrairement aux autres instruments, c'est le cône à forte cœnicité qui prend à l'embouchure jusqu'au premier trou. Puis un cône de cœnicité beaucoup plus faible évase l'instrument du premier trou jusqu'à la patte. On note d'ailleurs une remarque semblable dans Mersenne : "... son creux (du cornet) va toujours s'élargissant peu à peu jusqu'à la patte, ..., quoiqu'il s'élargisse plus sensiblement depuis le bouquin jusqu'au premier trou, que de là jusqu'à la patte ". Or ce premier trou (trou du pouce) est situé environ au tiers de l'instrument (à partir du bouquin).

Il est d'ailleurs un autre détail à remarquer : le cornet à bouquin a été imité dans l'orgue par un jeu d'anche (surtout en Allemagne) sous la nom de "Zink". Les résonateurs de ces tuyaux ont justement une forme qui rappelle ces deux troncs de cône raccordés et les proportions semblent être respectées (Ex : tuyaux du "Zink 8'" du grand orgue de la Jakobikirche de Lübeck).

Il faut ici dire un mot sur la précision de la facture de ces instruments. Il va sans dire qu'à l'époque, les perces variaient considérablement suivant une même section. Une section droite parfaitement circulaire n'a jamais existé sauf par l'effet du hasard. On ne travaillait pas à $1/10^{\circ}$ de mm. Une précision de $1/4$ de mm est suffisante (d'ailleurs les instruments en bois fabriqués aujourd'hui le sont à cette dernière précision).

On pourra objecter, que prétendre faire deux fois la même perce lorsqu'on ne dispose pas de machine automatique, est un leurre. En toute rigueur, c'est exact et nous ne prétendons pas parvenir à une précision reproductible après un court travail de facture instrumentale. Néanmoins la technique de repérage de perce permet de travailler avec une précision d'au plus $1/2$ mm, ce qui pour étudier des phénomènes dans leur ensemble, leur complexité, est suffisant pour les expériences décrites ci-dessous.

Pour les embouchures, les problèmes de reconstitution sont plus délicats. En effet les bouquins étant amovibles, on peut les remplacer sans difficulté, au gré du joueur. Or chaque musicien a une embouchure qu'il préfère, cela est bien connu des cornistes et trompettistes. Cependant il est permis de penser que les embouchures anciennes de l'époque devaient être de petite dimension, tournées en ivoire ou en bois dur (ou même en cuir), comme on en a retrouvées. Le pourquoi de cette question sera expliqué après l'étude sur le timbre. Mersenne donne un détail sur le bouquin : "... le fond du bouquin n'est que d'une ligne..." ce qui vaut environ 2,5 mm. Pour mes expériences j'ai fabriqué de nombreux bouquins.

2°) Etude de timbres

Afin de procéder logiquement, un enregistrement des lèvres seules a été effectué en premier lieu.

Le sonagramme montre un spectre riche en harmoniques de tous rangs, surtout jusqu'à 2500 Hz. Mais ce spectre s'étend jusqu'à 8000 Hz. On a donc une anche très riche et aucune zone du spectre n'est favorisée.

On a ensuite procédé à l'enregistrement de chaque embouchure seule. Et là apparaissent déjà des différences suivant la matière employée et les dimensions du bocal.

La matière donne des différences très nettes : l'ivoire émet un son plus riche que l'ébène, et l'ébène que le buis (à dimensions égales). Ceci provient de la dureté du matériau, les aigus étant absorbés par un matériau dont la texture superficielle est assez grosse (fibres du bois). Ce problème relève de la dynamique des fluides et n'a d'ailleurs pas encore été résolu de façon rigoureuse et satisfaisante.

Mais on note un caractère important sur les sonagrammes en les comparant :

Tous les bouquins de diamètre aux lèvres 11 mm et de grain 2,5 mm ont une zone formantique nette entre 1500 Hz et 2700 Hz (jusqu'à 3000 Hz pour ceux en ivoire), alors que la grosse embouchure de diamètre 15 mm a un formant intense entre 1200 Hz et 2200 Hz.

Une analyse plus poussée nous montre encore ceci : la faible profondeur du bouquin semble être la cause d'une richesse extrême de spectre et de l'existence d'un formant grave vers 750 Hz. Sur les autres sonagrammes, on ne retrouve pas cette apparence de formant grave.

La grosse embouchure a un formant grave vers 500 Hz, le formant intense cité plus haut entre 1200 et 2200 Hz, et un troisième formant apparaît vers 3000-3500 Hz.

D'autre part, considérant le rapport Profondeur/Diamètre aux lèvres, plus ce rapport augmente, plus les zones formantiques deviennent nettes, étant séparées par des "trous" (anti-formants) très nets. La richesse en harmoniques de rang très élevé (supérieurs à 5000 Hz) diminue lorsque la profondeur augmente. On retrouve la propriété bien connue : plus le grain est près des lèvres, plus le son est riche et cuivré.

On comprend alors la variété de bouquins suivant la sonorité désirée : un bouquin de faible profondeur relative donnera une sonorité éclatante et claire alors qu'un bouquin d'ébène de grande profondeur relative donnera un son plus rond et velouté. Ce qui explique l'usage du cornet en concert avec les trombones d'une part et avec le violon et les violes de l'autre. En effet, le bouquin conditionne beaucoup plus le timbre que le cornet lui-même.

Le timbre dépend beaucoup des lèvres du musicien, et son étude sonographique est difficile. Aucun musicien ne peut prétendre jouer une note deux fois de suite de la même façon rigoureusement. D'infimes détails marquent la différence de deux timbres de sons joués par le même instrumentiste dans le même instrument à moins d'une seconde d'intervalle. Mais ce qui compte est la reproductibilité de l'allure du phénomène; on ne s'étendra pas sur l'absurdité qu'il y a à "raffiner" sur les intensités et les spectres. Il faudrait faire des études statistiques sur des centaines d'expériences rigoureusement semblables : mais on se heurte à deux problèmes : les conditions d'expériences ne sont jamais rigoureusement identiques et le temps nous manque.

Après cette mise au point, il est cependant certain que grâce au sonographe les études d'instruments peuvent être menées de façon plus objective qu'autrefois, mais qu'elles resteront toujours soumises à la main et au soufflé de l'homme, car la mise au point d'excitateurs artificiels n'est pas encore réalisée.....

C'est pourquoi pour étudier la reproductibilité du timbre des notes émises par le musicien, on a enregistré des variations de timbre (volontaires de la part du musicien), et cela avec une même combinaison. Les sonagrammes sont alors très

...../

intéressants. Le musicien émet d'abord ce qu'il juge comme un bon timbre, puis le modifie en variant la tension de ses lèvres et la pression de la cavité buccale : il apparaît que l'oreille est plus sensible que le sonographe; une infime modification est à peine lue sur le sonagramme et il faut de grands changements de jeu pour obtenir des variations importantes sur le sonagramme; on peut en déduire qu'un instrumentiste entraîné, cherchant d'oreille à reproduire le même timbre lorsqu'il joue deux fois la même note, peut se rapprocher très près du timbre cherché à chaque fois, à peu de détails près, ce qui permet d'attribuer les différences observées aux diverses combinaisons et non pas à la seule fantaisie du musicien.

Ce point précisé, les combinaisons de cornets et de bouquins ont visé à comparer :

- l'influence de la perce du corps sonore à bouquin constant
- l'influence de l'état des parois du corps sonore à perce et embouchure constantes
- l'influence (surtout) du bouquin à cornet constant.

Il serait fastidieux de faire le commentaire de chaque combinaison possible avec des sonagrammes. Nous exposerons ici ce qui nous a paru le plus significatif.

On constate donc que la perce du tuyau a une importance sur l'intensité des harmoniques et des formants, mais qu'il n'y a pas de modification de l'allure générale du timbre. Le cornet à bouquin possède une zone formantique entre 1500 Hz et 2500 Hz très marquée et ceci à cause du bouquin. Le corps sonore ne fait qu'amplifier le signal lèvres-bouquin en favorisant quelques détails.

Tout au plus peut-on dire que la perce dite "moyenne" semble être la meilleure : timbre chaud et plein : la zone formantique est en plein milieu de la meilleure zone d'audition de l'oreille, ce qui n'a rien de surprenant.... Mais il semble qu'on s'attache à faire disparaître les harmoniques de fréquence supérieure à 4000 Hz pour obtenir une sonorité jugée bonne.

L'influence des bouquins est par contre beaucoup plus importante comme nous allons le voir ci-dessous :

- a) Les bouquins de mêmes dimensions donnent des différences suivant la matière : on retrouve les résultats de l'étude des bouquins seuls. L'ivoire donne un timbre plus éclatant (plus riche en harmoniques de haut rang) que l'ébène et l'ébène que le buis. Mais on a toujours présents les six premiers harmoniques, avec des intensités différentes suivant leur appartenance à la zone formantique ou non (1500-2500 Hz).
- b) La profondeur de l'embouchure donne des variations nettes : l'embouchure plate donne un son plus riche en harmoniques de haut rang alors que l'embouchure profonde donne une sonorité plus veloutée (harmoniques de haut rang disparus). Cette propriété est connue intuitivement, mais les sonagrammes la mettent en évidence.
- c) La taille de la cuvette est enfin déterminante. En effet la grosse embouchure n° 8 en ivoire produit un timbre très différent : à l'audition le timbre est plus "épais", plus cuivré; au sonagramme, la zone formantique est déplacée vers le grave (1000-1500Hz) et une deuxième plus aigüe apparaît vers 3500 Hz.

La couleur change totalement car il y a un antiforment entre les deux formants indiqués. Ce qui est gênant pour l'oreille car l'antiformant est alors au milieu de la zone sensible de l'oreille.

Les conclusions à tirer sont beaucoup plus nettes : la géométrie du bouquin conditionne la couleur du timbre : un diamètre aux lèvres de 11 mm donne le timbre optimal (formant intense dans la zone de plus grande sensibilité de l'oreille, alors qu'un diamètre de 15 mm dénature beaucoup le timbre de l'instrument).

Il faut toujours dépouiller les sonagrammes en pensant à la zone de plus grande sensibilité de l'oreille. Lorsqu'on augmente le volume de la cuvette, le formant principal descend dans le spectre, ce qui est d'ailleurs très intuitif. Mais la zone de meilleure sensibilité de l'oreille reste fixe. Donc pour avoir un timbre intéressant, force est donnée d'avoir un bouquin dont le formant est en plein dans cette zone. Voilà pourquoi les embouchures de trompette adaptée sur le cornet produisent un son pâteux et incertain, désagréable à l'oreille.

Le timbre de l'instrument est donc déterminé par les dimensions de la cuvette de l'embouchure (surtout diamètre aux lèvres) : celle-ci donne les zones formantiques, la profondeur de l'embouchure donne la richesse en harmoniques aigus, le corps sonore amplifie le signal et, comme les trous sont pratiqués de manière à accorder le résonateur sur l'excitateur, le cornet lui-même renforce le caractère donné par l'embouchure, par l'état de ses parois. Le signal a donc une zone formantique intense entre 1500 et 2700 Hz, la présence d'harmoniques aigus supérieurs à 4000 Hz est liée à l'état de la perce du corps sonore et à la profondeur du bouquin. Il semble qu'on veuille les supprimer plus ou moins complètement en pratiquant une perce dite moyenne sur la plupart des instruments.

3°) Champ de liberté en fréquence

Le cornet à bouquin est réputé depuis longtemps pour être un instrument "faux". Il faut y voir là le fait que cet instrument possède un champ de liberté impressionnant ! (fig.2).

Les Anciens s'étaient d'ailleurs rendu compte que l'on pouvait jouer n'importe quelle note de la première octave avec n'importe quel doigté. Mersenne nous dit ceci :

" l'on peut commencer VT, RE, MI, FA, SOL, LA, à chaque trou, de sorte que la tablature ne sert que pour l'étendue de l'instrument et n'oblige nullement à dire toujours VT quand tous les trous sont bouchés; ce qui est aisé à comprendre puisque toute sorte de son est différent à être signifié par l'une de ces six notes."

On voit par cette citation que l'on savait déjà, il y a plus de trois siècles, que le cornet avait la propriété d'être un instrument pour lequel les trous n'imposaient la fréquence de la note théorique prévue à être jouée avec le doigté considéré. D'où la difficulté de faire sonner l'instrument avec justesse et par conséquent beau timbre.

Sur le partiel 2 (ré dièse 4 à ré 5), le champ se rétrécit beaucoup mais reste encore très grand (une quarte). Le partiel 2 correspond à un état d'excitation supérieur. Le mode sur lequel est excité le tuyau, augmente la réaction du tuyau : le champ est moins grand mais le bon timbre n'est obtenu que sur la note qui en principe doit être jouée avec le doigté choisi. Donc on fait les mêmes remarques que sur le partiel I mais le tuyau réagit plus.

Plus on augmente le rang des partiels, plus le champ diminue (le partiel 3 a un champ très court : environ une tierce majeure).

En définitive, le système lèvres-bouquin impose sa fréquence : le tuyau se contente de favoriser la fréquence sur laquelle il est accordé et renforce alors le

timbre . D'où l'extrême difficulté du jeu de cet instrument quant à la justesse ! Il faut être très entraîné et bien "penser" la note avant de l'émettre. De plus, on a constaté que plus le bouquin est gros, (large diamètre aux lèvres) plus la justesse est problématique. On comprendra mieux l'obligation de munir le cornet de petites embouchures si l'on fait la comparaison suivante : mettre un bouquin de 15 mm sur un cornet équivaut à vouloir jouer de la trompette avec une embouchure de trombone à coulisse, toutes proportions gardées !

4°) Justesse des partiels

On a procédé à l'enregistrement des partiels de 15 combinaisons (tous trous fermés) et on a relevé les fréquences de ces partiels lorsque le timbre était jugé bon et que l'instrument sonnait correctement.

L'influence de l'embouchure est intéressante : en hauteur absolue, la profondeur de l'embouchure semble jouer un rôle : plus le bouquin est plat, plus les partiels sont hauts en fréquence absolue.

En hauteur relative également, la profondeur semble la plus importante : les embouchures profondes donnent des partiels qui se rapprochent plus des harmoniques naturels que les partiels donnés par une embouchure plate.

Il est d'ailleurs à noter que les partiels se présentent en général comme suit :

PI = ré3, P2 = ré dièze 4, P3 = la dièze 4, P4 = mi 5 .

Ce qui est intéressant, vu que l'instrument n'a pas de doigté spécial pour émettre le ré dièze 4 et n'en a pas pour émettre le ré dièze 3. Le ré dièze 3 est d'ailleurs très rare dans la musique d'époque pour les cornets, alors que le ré dièze 4 est assez fréquent.

Si les autres notes altérées peuvent être émises par des doigtés de fourche (on rebouche partiellement la partie débouchée du corps sonore), le ré dièze 4 manque. Aussi l'émet-on avec le partiel 2 tous trous fermés. La suite de partiels est donc trop haute par rapport à la suite des harmoniques naturels. Ce phénomène est commun à beaucoup d'instruments à vent qui ne sont pas de forme géométrique simple prévue par la théorie.

De plus, à mesure que l'on débouche les trous, le partiel 2 se rapproche vite de l'octave (harmonique deux du partiel 1). Il faut croire que la partie débouchée du tuyau abaisse le partiel 2 vers l'harmonique naturel 2. Ce qui rend possible l'octavation pour jouer l'aigu. On utilise couramment ce procédé pour étendre la tessiture de nombreux instruments, mais il faut compter avec la perce. Ce qui nous amène à comparer la justesse des partiels en fonction de la perce du cornet.

Il apparaît (curieusement!) que les perces moyennes sont les seules à être les moins fausses ! Que la perce soit large ou très étroite, on a des partiels aigus beaucoup trop hauts. Cette remarque est troublante car, en principe, un tuyau étroit a des partiels plus jutes (près des harmoniques du fondamental) par rapport à ses harmoniques qu'un tuyau large.

Ici c'est le contraire, la réalité est en contradiction avec la théorie. Essayons de trouver un éclaircissement de ce phénomène dans une expérience complémentaire.

5°) Champ de liberté en pression

Définissons le champ de liberté en pression d'un instrument de musique : c'est la latitude de pression, qui existe dans la cavité buccale, pour laquelle l'instrumentiste peut émettre la même note en modifiant la pression et la tension des lèvres. On relève la pression dans la bouche par un tuyau de faibles dimensions relié à un manomètre classique à eau. Nous avons d'abord relevé la courbe pression-fréquence en jeu normal de l'instrument (fig.3).

Cette courbe n'a pas l'allure théorique attendue : en effet, pour les flûtes et instruments assimilés, on montre (cf BOUASSE) que la fréquence augmente linéairement avec la racine carrée de la pression. Ici on peut admettre que la courbe se rapproche d'une droite : $f = kp$. Les pressions mises en jeu varient de 25 cm d'eau à 100 cm d'eau, lorsqu'on va de ré3 à ré5. On rappelle que f est en réalité le logarithme de la fréquence absolue, puisque l'échelle de la figure 12 est graduée en savarts.

Puis on a relevé les variations de la fréquence en fonction de la pression en passant successivement du partiel I au partiel 2 puis au partiel 3 et en redescendant du partiel 3 au partiel 2 puis au partiel I.

La première constatation à faire est que le phénomène n'est pas superposable lors de la montée vers l'aigu à celui que l'on observe en descendant de l'aigu vers le grave. Bien sûr l'expérimentation mise en oeuvre est loin d'être idéale, mais on a quand même une idée de ce qui se passe (voir fig.4).

En montant du grave à l'aigu, on constate qu'il faut forcer la pression jusqu'à 32 cm d'eau pour accorcher le partiel 2. Cette brusque augmentation de fréquence s'accompagne d'une augmentation de pression de 8 cm d'eau. En continuant à monter, le partiel 2 existe entre 40 et 50 cm d'eau puis un saut peu net amène le partiel 3 qui apparaît à 70 cm d'eau et existe jusqu'à 80 cm d'eau.

En descendant de l'aigu vers le grave, les choses sont plus compliquées. En effet on peut rester au partiel 3 de 80 à 50 cm d'eau puis accrocher le partiel 2 vers 40 cm d'eau jusqu'à 30 cm. Le partiel I n'apparaît plus qu'à 22 cm d'eau. Ou bien on peut redescendre du partiel 3 au partiel 2 en suivant le même chemin que pour la montée. Mais le passage du partiel 3 au partiel I se fait à pression moindre que celui du partiel I au partiel 2. Ce qui met en évidence un "cycle d'hystérésis" à l'intérieur duquel on peut faire absolument ce que l'on veut (partie hachurée sur la fig.4. Ainsi on peut obtenir, par exemple, la b.3 entre 24 et 36 cm d'eau ! Et pour une pression de 30 cm d'eau on peut émettre ré dièze 3 à ut 4. Il suffit d'être assez habile pour l'obtenir.

Le cycle est net dans le passage du partiel I au partiel 2. Il ne l'est pas du tout dans le passage du partiel 2 au partiel 3. Mais à ces fréquences aiguës, le "pincement" des lèvres (leur tension musculaire) varie considérablement sans qu'on puisse la mesurer.

Dans le grave, la tension des lèvres est faible, la pression a un effet dominant. Mais dans l'aigu, l'accrochage des partiels 2 et 3 nécessite une tension lippale très intense et les mesures de pression deviennent très discutables. Il est évident que la tension des lèvres joue un rôle très important dans l'aigu de l'instrument, ce qui explique :

- la difficulté du jeu de l'aigu. Le musicien presse le bouquin plus fortement contre ses lèvres que pour jouer le grave. Ainsi les lèvres sont-elles plus facilement tendues.
- la multitude des courbes de descente des partiels 3, 2, I.

Il y a donc pour un même partiel et une même fréquence, une fonction difficile (sinon impossible) à saisir entre la pression et la tension lippales. Pour pouvoir mesurer quantitativement la tension des lèvres, il faudrait fabriquer des lèvres artificielles, ce qui, à l'heure actuelle, pose des problèmes de technologie et de temps de réalisation.

Pour avoir plus de détails sur cette expérience, nous l'avons effectuée successivement tous trous fermés, puis un trou ouvert et deux trous ouverts. Ces deux dernières expériences montrent aussi un cycle net dans le passage du partiel 1 au partiel 2 mais on ne peut rien dire des autres passages, vu que la tension des lèvres (pour deux trous ouverts) devient très grande. On a même relevé, à cinq minutes d'intervalle, un cycle dans un sens et un dans l'autre sens ! (ce qui ne veut plus dire grand-chose).

La première conclusion de ces expériences est que la difficulté légendaire du jeu de l'instrument est prouvée. Il faut constamment modifier pression et tension lippales suivant que la musique évolue vers le grave ou vers l'aigu. Or le cornet était joué tout en "diminutions" (traits de virtuosité) couvrant une octave et plus....

Il apparaît aussi que, lorsque la perce est étroite, le partiel 2 accroché aux lèvres n'est peut-être pas le partiel 2 propre du tuyau associé. Pour le savoir (et l'appareillage nous a manqué) il faudrait exciter le tuyau avec des fréquences émises par un petit haut-parleur. On pourrait alors relever les partiels naturels du tuyau sonore. Nous comptons le faire dans une prochaine étude.

Du point de vue réaction réciproque lèvres-bouquin sur tuyau associé, ces expériences de champ de liberté de pression mettent en évidence la contre-réaction du tuyau.

En effet, à mesure que l'on monte la pression, la fréquence croît mais les différents régimes restent accrochés pour des pressions supérieures à celles relevées en jeu normal. Le système lèvres-bouquin impose son régime au tuyau. Alors qu'en redescendant de l'aigu vers le grave, on fait décroître la pression mais les lèvres continuent à vibrer selon le partiel 2; il y a contre-réaction du tuyau qui empêche l'excitateur de revenir au régime le plus grave; ceci est valable dans une latitude de pression de 8 cm d'eau (24 à 32 cm d'eau).

On s'en rend compte d'ailleurs au jeu : on accroche le partiel 2 et fait décroître la pression. Si l'on réattaque la note avec la même pression, on accroche alors le partiel 1 qui existe aussi pour cette pression.

Pour une même pression, on a donc possibilité d'émettre le partiel 1 ou le partiel 2, suivant que l'on augmente ou diminue la pression. Dans le premier cas, le système lèvres-bouquin impose son régime et le tuyau sonne dans le grave. Dans le second cas, le tuyau impose son régime; la vibration lippale est donc plus forte dans le grave que dans l'aigu, à pressions constante. L'excitateur possède moins d'énergie à haute fréquence, qu'à basse fréquence. D'ailleurs l'intensité des deux sons est significative : le son grave est fort, le son aigu manque de puissance. Mais dans le jeu normal, on renforce la puissance à l'aigu en exerçant une tension des muscles lippaux, en particulier de l'orbiculaire qui tend les lèvres latéralement de façon à favoriser la vibration aiguë, accompagnée d'une légère augmentation de pression.

Ce fait est visible dans l'étude de l'attaque nous allons aborder ci-dessous.

6°) Etude de l'attaque

Pour cette étude, nous avons surtout utilisé les traits de virtuosité des diverses combinaisons. Puis après avoir démultiplié la fréquence par 4 grâce au magnétophone à modulation de fréquence Brüel et Kjaer, on a utilisé, pour faire les sonagrammes, le grand tambour qui démultiplie par 3 la durée. Au total, les sonagrammes ont

...../

une échelle de temps de 100 ms pour 12 cm. Ce qui permet une étude assez précise dans le temps des phénomènes transitoires.

L'attaque semble se décomposer comme suit :

Tout d'abord le coup de langue qui excite les lèvres est très visible et quasi instantané (de l'ordre de 2ms); un bruit de spectre coloré suit immédiatement ce coup de langue; ce bruit est presque toujours centré sur la fréquence (et ses harmoniques) que le musicien désire émettre. Puis les harmoniques démarrent les uns après les autres et dans un ordre différent suivant la hauteur du son émis.

a) Dans le grave, c'est l'harmonique 2 ou 3 qui démarre le premier. Puis l'harmonique I et ceux de rangs supérieurs jusqu'au 6ème s'établissent. La durée du bruit précédant le départ du son est de l'ordre de 5ms. Le son met 25 ms au plus à s'établir.

b) Dans l'aigu, c'est toujours l'harmonique I qui démarre le premier. C'est aussi le plus intense. Puis les harmoniques de rangs supérieurs entrent dans l'ordre naturel avec les temps d'établissement suivants :

- H1 : 5 ms, H2 : 5 à 8 ms, H3 : 9 à 12 ms, H4 : 14 à 16 ms,
H5 : 16 à 19 ms, H6 : 20 à 25 ms.

Il est à remarquer deux choses intéressantes dans les attaques aiguës et graves :

- c'est toujours l'harmonique grave le plus intense qui démarre le premier,
- l'harmonique qui apparaît le premier est toujours situé vers 500 à 600 Hz. Par contre la zone formantique 1500 - 2500 Hz n'apparaît que plus tard (dans le grave notamment) suivant que les six premiers harmoniques en font partie ou non. Sur les attaques graves on voit un deuxième front d'harmoniques aigus après 25 ms.

Telles sont les remarques que l'on peut faire sur l'attaque du cornet. Evidemment le sonagramme n'est pas encore suffisant pour permettre de se rendre compte exactement du phénomène, mais on peut déjà en tirer des résultats.

L'attaque de l'instrument est très courte par rapport aux instruments habituels. Au bout de 25 ms le régime est permanent. Il faut sans doute penser à l'excitation de la langue qui est très rapide et provoque un démarrage net et précis.

Il semble que l'harmonique le plus intense donc le plus énergétique démarre le premier, ce qui est assez naturel.

Le centrage du bruit coloré, entre le coup de langue et l'établissement propre du son, sur la fréquence (et les harmoniques) que l'on désire émettre est sans doute la vibration des lèvres centrée sur cette fréquence. On a affaire à un processus psychologique :

- l'effet ne pouvant précéder la cause, il est clair que le tuyau ne commence à réagir que lorsque l'harmonique qui part le premier démarre,
- d'autre part si le musicien doit jouer par exemple un sol3 et qu'il vienne de jouer un fa3, il sait intuitivement et automatiquement régler la vibration de ses lèvres sur la fréquence désirée. D'ailleurs les musiciens constatent qu'il faut avoir l'oreille juste pour jouer du cornet : Mersenne le signale, lui aussi, : "... l'on en joue à toutes sortes de tons et de demi-tons, pourvu que l'on ait l'oreille assez bonne."

...../

Le bruit d'embouchure est donc certainement la vibration des lèvres seules, dans l'embouchure et l'inertie du tuyau associé n'est vaincue qu'au bout de quelques millisecondes.

On peut donc résumer l'attaque en trois phases :

- coup de langue très bref (2 ms),
- vibration des lèvres seules dans le bouquin (5 ms)
- réaction progressive du tuyau associé à l'excitateur.

Bien sûr cette étude sommaire de l'attaque ne saurait prétendre épuiser ce difficile problème et bien d'autres expériences, que, faute de temps, nous n'avons pu réaliser, restent à faire.

Toujours est-il que le tuyau réagit bien après le démarrage de la vibration lippale comparativement au coup de langue d'une rare brièveté.

V. CONCLUSIONS GÉNÉRALES.

Dans cette étude, on peut tirer les résultats suivants.

Le cornet à bouquin est un instrument à attaque rapide et précise qui permet une virtuosité qui a trouvé sa place à une certaine époque.

Son timbre clair est significatif : la zone du formant qu'il donne est centrée au milieu de la zone de plus grande sensibilité de l'oreille, dans laquelle la voix humaine chantée a également ses formants. De là à utiliser le cornet comme support de voix d'enfants, il n'y a qu'un pas que les anciens franchirent d'autant plus allègrement que leur oreille entraînée à ses sonorités reconnaissait la parenté évidente entre son de cornet et voix humaine. Ce formant se retrouve par ailleurs dans le cornet de l'orgue : jeu de mutation composé de cinq tuyaux par note recomposant la suite naturelle des harmoniques 1 à 5 compris.

Les sonagrammes de cornet d'orgue et de cornet à bouquin comparés sont très suggestifs. D'ailleurs les devis d'orgues du XVII^{ème} siècle démontrent avec clarté que le cornet de l'orgue voulut synthétiser le cornet à bouquin que l'on appréciait tant. (extrait de devis : "... l'on construira un cornet à bouquin de cinq tuyaux par touche.... sonnante le huit pieds, le quatre pieds, le nazard, le deux pieds et la tierce...").

Ce timbre est dû principalement au bouquin dont la cavité implique l'existence de ce formant, pourvu que ses dimensions soient convenables. Il apparaît en outre que le diamètre intérieur du bouquin aux lèvres conditionne principalement l'existence de ce formant, la profondeur ne faisant qu'appauvrir ou enrichir le timbre suivant sa grandeur.

Il est permis de supposer que le diamètre du bouquin, qui délimite la longueur maximale de la partie vibrante des lèvres, oblige les lèvres à émettre un son riche en harmoniques situés dans la zone sensible de l'oreille. Mais est-ce une résonance de la cavité du bouquin, ou doit-on attribuer le formant à la longueur de vibration des lèvres ? A l'heure actuelle, cette question n'est pas résolue.

D'autre part, l'étude des champs de liberté montre que le système lèvres-bouquin est une anche assez forte pour s'imposer au tuyau associé, mais que le vrai problème se situe dans l'aigu : un paramètre difficile à saisir intervient et jette sur la question un voile difficile à lever : c'est la tension lippale, non mesurable dans l'état actuel de nos connaissances sinon par myographie.

Ce n'est probablement pas cette tension impose les fréquences formantiques, puisqu'à toute fréquence la zone est constante et clairement délimitée. Par ailleurs, si le tuyau ne favorise qu'une fréquence (et ses harmoniques) en position doigtée donnée, il ne peut assurément réagir efficacement sur l'excitateur qui domine toujours.

Cette propriété est encore plus sensible sur le serpent, basse des cornets, dont la longueur est d'environ huit pieds (2,50 m) et la perce d'une largeur étonnante (plus de 10 cm de diamètre à la patte). Les trous latéraux sont percés en fonction de la prise en mains de l'instrument et non en fonction de la longueur acoustique du tuyau, mais les champs de liberté sont tellement grands qu'on peut accrocher la note voulue avec n'importe quel doigté pourvu d'en avoir l'habitude. Dans le cas du serpent, et peut-être à cause de la large embouchure qu'il nécessite si l'on veut faire sortir le fondamental le plus grave (sib.0), on peut affirmer que l'on fait tout ce que l'on veut avec un tel instrument, mais l'attaque reste très brève à cause du coup de langue.

Les transitoires d'attaque, oyées dans le bruit de lèvres, sont accordées sur la fréquence désirée par le musicien, mais qu'advient-il si l'on excite le tuyau sur une autre fréquence, sans modifier le doigté ? On peut aussi pousser la pression sans l'intervention de la langue et l'attaque est toute différente...

Telles sont les expériences qui restent à faire, et bien d'autres aussi, que nous n'avons pu réaliser. En tout cas, le problème se trouve posé plus précisément : c'est le bouquin qui conditionne l'attaque et le timbre de cet instrument et il serait souhaitable de faire une étude dynamique précise, avec un appareillage automatique et artificiel de grande fiabilité, du système d'excitation qu'est le système lèvres-bouquin.

o
o o

BIBLIOGRAPHIE

1. Harmonie Universelle. Marin Mersenne - Paris 1636
2. De Syntagma Musicum. Michael Praetorius - Wolfenbüttel 1621.
3. Music in the Middle-Ages. Gustav Reese - New-York 1968.
4. Music in the Renaissance. Gustav Reese - New-York 1959.
5. Acoustique Générale. H. Bouasse - Paris 1926.
6. Tuyaux et Résonateurs. H. Bouasse - Paris 1929.
7. Instruments à Vent. H. Bouasse - Paris 1929.
8. Le Cor. E. Leipp. Bulletin du GAM N° 41, Mai 1969 - Faculté des Sciences Paris.