

K. et M. KAUFMANN

LE CLAVECIN  
D'ARNAUT DE ZWOLLE

E. LEIPP

QUELQUES PARTICULARITÉS  
ACOUSTIQUES DU  
CLAVECIN



FEV. 71 N°54

GAM

BULLETIN DU GROUPE D'ACOUSTIQUE MUSICALE  
UNIVERSITÉ PARIS VI . TOUR 66 . PLACE JUSSIEU . PARIS . 5°

9 Quai St Bernard PARIS 5°

Réunion du Vendredi 26 Février 1971

sur le Thème

LE CLAVISIMBALUM D'ARNAUT DE ZWOLLE

avec MM. K. et M. KAUFMANN, facteurs de clavecins à Bruxelles  
et M. LEIPP (partie acoustique)

Etaient présents :

M. le Professeur SIESTRUNCK, Président  
M. LEIPP secrétaire général; Melle CASTELLENGO, Secrétaire.  
M. le Doyen GAUTHIER, pris par ses obligations professionnelles, n'a pu se joindre à nous.

Puis, par ordre d'arrivée :

Mme LEIPP; M. SAIEB (musicologue); MM. Knud et Martin KAUFMANN (facteurs de clavecins); M. ANSELM (facteur d'orgues); M. CHAUSSON; M. Yohei NAGAI, Ingénieur chez YAMAHA; M. NAGLER (preneur de son en stage au laboratoire); Melle M. Christine MARTI (Etudiante en lettres); M. M. MLDUKA et A. CALINET (informatique); M. FRANCOIS (Laboratoire d'acoustique EDF); M. SURUGUE (ethno-musicologue); M. FRENSNAIS (GRM, ORTF); M. A. WUITS (Ingénieur); Christiane WUYTS (claveciniste); M. FINOTTO (Directeur artistique (Bruxelles)); M. COUCHET (Prof. Fac. Sciences Montpellier); M. GENET VARCIN (chimiste); M. FRITZ (Prof. Education musicale); M. LEBOEUF (Prof. Education musicale); Mme de CHAMBURE (Conservateur, Musée Instrumental du Conservatoire); M. Pierre DUMOULIN (Atelier de Restauration, Conservatoire National Supérieur de Musique); M. H. BEDART (Facteur de clavecins). M. Von NAGEL; M. CHENAUD (Président AFARP, pianos); Mme BOREL MAISONNY (Orthophoniste); M. VER-SINI; M. J.J. BERNARD (Maitre Conférences Fac. Sc.); M. LORAND (CNET, Lannion); M. CAR-CHEREUX (luthier, pianos); M. R. TOURTE (Prof. Honoraire Conservatoire de Musique de Paris); M. GEUENS (RTB; Prof IAD Bruxelles); Melle Monique PAILLE (Prof. Musique); M. J. BATAISSIER (SIERE); M. le Dr POUBLAN (Médecin biologiste); M. MAURIN (Conservatoire National de Musique, Paris); Melle M. BDUE (orthophoniste); M. J.J. DUPARCQ (Directeur REVUE MUSICALE); M. S. OUNA (Traducteur-rédacteur musique); M. Th. ANDRE-TALAMON (Laboratoire Mécanique Fac. Sciences Paris); Dr CLAVIE; M. CHARNOZ (facteur de clavecins); J.L. VAL (Maitre assistant Fac. Sciences Paris); M. P.G. LANGEVIN (Fac. Sciences Paris); Dr Jean PERROT; M. Pierre RAMBERT; M. MICHAUX (Prof. Educ. Musicale); Mme PAILLARD (claveciniste); M. CHIRON (instituteur); Melle LEIPP Françoise (orthophoniste).

Excusés : M. Ch. MAILLOT (Lyon); M. BLONDELET (Dir. Ets BUFFET CRAMPON); M. COSTERE; Dr DORGEUILLE; CEOEN; M. JESSEL; M. RAMBERT; M. KISS; M. GILOTAUX; Melle A. MOLINARI; M. G. LEBOIS; M. Robert VIDAL; M. JUNCK; M. J. CHAILLEY; M. N. DUFOURCQ; Mme MOUTARD; M. FAYEULLE; M. TRAN VAN KHE.

---

PERIODIQUE : 6 numéros annuels

Prix de vente : service gratuit.

Imprimeur : Laboratoire de Mécanique Physique Fac. des Sciences de Paris. Université PARIS VI.

Nom du Directeur : M. le Professeur R. SIESTRUNCK.

N° d'inscription à la Commission paritaire : 46 283.

LE CLAVECIN D'ARNAUT DE ZWOLLE

par M. KAUFMANN

I - QUELQUES GENERALITES SUR L'HISTOIRE DU CLAVECIN

N.B. L'historique du clavecin fera partie d'une thèse de musicologie que prépare actuellement M.M. KAUFMANN, M. LEIPP fait ici un bref résumé de ce que M.M. KAUFMANN nous en a dit au GAM et qui était assorti de très nombreuses vues, très intéressantes mais qu'il nous est impossible de reproduire ici. Après ce résumé sommaire, on trouvera la traduction du texte d'ARNAUT DE ZWOLLE par M. KAUFMANN et les commentaires qu'il en a faits, ainsi que la partie proprement technologique relative à la construction de l'instrument. Enfin, ce bulletin se termine par quelques considérations d'ordre acoustique sur le clavisimbalum par M. LEIPP.

Le clavecin a retrouvé depuis peu de décennies une grande vogue. Mais il était complètement oublié lorsque vers 1895 plusieurs sociétés de musique ancienne tentèrent de lui redonner de l'actualité. Finalement l'influence de Wanda LANDOWSKA fut déterminante; après son premier concert en 1903, beaucoup de facteurs de pianos se lancèrent dans la construction de l'instrument.

A vrai dire, au début, on a fait des instruments très lourds... Sous l'influence d'un ingénieur-luthier, M. SLOSSE, M. KAUFMANN père fut bientôt convaincu qu'on pouvait faire sonore et agréable à l'oreille en réalisant des clavecins beaucoup plus légers (que 45 Kg au lieu de 300 Kg !)

Du point de vue historique, le clavecin fut abandonné vers la fin du 18<sup>e</sup> siècle, après plusieurs siècles d'usage. Si on se base sur les instruments encore existants dont l'origine est souvent douteuse et qui furent généralement tous remaniés plus ou moins radicalement, on peut retenir les faits suivants :

1<sup>o</sup>) Au 16<sup>e</sup> siècle, la majorité des instruments conservés est d'origine italienne. Dès le milieu du 16<sup>e</sup> siècle les artisans flamands constituent une forte corporation. Les facteurs français, allemands et anglais apparaissent ensuite seulement. Mais si on remonte plus haut que le 16<sup>e</sup> siècle, il semble bien que le point de départ ne soit pas l'Italie, mais la Bourgogne (1400-1450).

Les instruments les plus anciens que l'on connaisse et appartenant à la famille du clavecin sont :

- une épinette de 1493 non signée
- un clavecin de 1521 (?) d'une collection anglaise
- un virginal flamand de 1548 environ.

2<sup>o</sup>) Voici quelques dates montrant quand et où le clavecin graduellement a disparu :

- 1782 le dernier instrument construit en Allemagne
- 1792 " " en Italie
- 1795 dernier concert en Angleterre
- 1798 dernier prix de clavecin décerné au Conservatoire de Paris
- 1805 dernier concert public à Berlin
- 1816 dernière exécution en Italie (Barbier de Séville)



- 3°) Avant 1500 on possède 17 noms de facteurs de clavecins dont 11 sont italiens. Avant 1460 on possède 6 noms dont aucun n'est italien : le plus ancien de tous est un certain Jean PERROT (1360). ARNAUT DE ZWOLLE écrit en 1440 ... On trouve bien des textes décrivant un instrument qui pourrait être l'ancêtre du clavisimbalum à partir de 1323; mais il faut attendre 1404 pour trouver la première fois le mot "clavisimbalum".
- 4°) Il semble bien qu'à l'origine (lointaine on ait utilisé un instrument triangulaire rapporté par les croisés, et dont la caisse subit diverses transformations pour aboutir à la forme actuelle du clavecin (qui est d'ailleurs celle du clavisimbalum d'ARNAUT DE ZWOLLE). L'iconographie nous montre de nombreuses variantes depuis le psaltérion (1240) jusqu'au modèle décrit par ARNAUT, en passant par MEMLING, le Psautier du Roi René, Van Eyck (qui était d'ailleurs également à la cour de Bourgogne) et le Weimarer Wunderbuch. Le clavisimbalum était manifestement un instrument bourgeois et non noble. Cependant les Très riches heures du Duc de Berry montrent un tel instrument, joué à deux mains, au milieu d'un groupe d'anges musiciens. En tout cas l'instrument était connu dans sa forme donnée par ARNAUT dès 1410 : celui qu'a peint Van Eyck est tout à fait similaire à celui d'ARNAUT. M. KAUFMANN nous traduit à présent le texte d'ARNAUT (bas latin) en proposant ses commentaires, puis nous parle de la reconstitution proprement dite et des problèmes pratiques qu'elle a soulevée.

o  
o o

## II - LE TEXTE D'ARNAUT DE ZWOLLE

Fol. 128 r°

Traduction et notes par M. KAUFMANN

Dans le dessin principal, les mots : Corde , Barre.

En haut, à gauche :

" Premier système de sautereau, et le meilleur " (1)

" Ceci est le sautereau qui est suspendu au sommier au moyen d'un fil de fer passant par des fentes du sommier, et sa queue traverse le fond et l'extrémité de la touche en passant par une mortaise, et il est percé d'un trou sous la touche (2); et nous mettons ici deux figures de ce sautereau, afin qu'on en voit les deux faces. On le fait de préférence en bon bois ou bien en laiton " (3).

### Notes :

- (1) au mot "sautereau", je préfère celui de "mécanisme"; le mot sautereau a trait à un clavecin de conception classique, (à partir du XVI<sup>e</sup> siècle), et suppose plutôt un système à translation purement verticale.
- (2) à la traduction de "hussare" par "percer d'un trou", je préfère "goupiller" (GOURHAND).
- (3) " de ligno bono sicut de latone ", peut se traduire : " de bon bois de même que de laiton " : une combinaison des deux matériaux ?

\*\*\*\*\*

...../

Deuxième paragraphe depuis la gauche, en haut

" Second système de sautereau ".

Dans le dessin : " Pointe - Chaîne " (4)

" Ce système de sautereau comporte une pointe ayant à peu près la forme d'un triangle, et sa queue [est percée de] deux trous : par celui haut passe une petite chaîne qui est reliée à une pièce rigide en laiton [destinée] à faire descendre, dans le mouvement de retour, la tête du sautereau après qu'il a pincé [la corde]. Par le trou du bas passe une chaîne reliée à la touche, au moyen de laquelle la touche, entraînant ledit sautereau, percute la corde. Et, dans ce système, il importe que les touches soient longues, et qu'elles se prolongent presque jusqu'en A (5), et il faut aussi qu'en cet endroit les touches soient toutes collées au bitume (6), en raison de leur longueur, ainsi qu'on le fait [pour les touches des] portatifs ".

Notes :

(4) à la traduction de "CORNU" par "pointe", je préfère l'expression "de corne", qui indiquerait ainsi la matière du plectre utilisé. Dans ce deuxième système, le plectre qui n'est pas monté sur bascule à ressort, doit repasser sous la corde par l'effet de sa propre élasticité.

Notons d'autre part que LECERF déclare pouvoir tirer de la figure du premier mécanisme, que le plectre en est métallique. (point circulaire et pointe, vue en rabattement). Ceci semble peu convainquant. D'ailleurs dans nos propres projets de mécanique, le plectre, quel qu'il soit, est toujours représenté par un point. De toute façon, il est possible que l'on ait utilisé comme plectre de la corne.

Le texte de SCALIGER (Poétiques - Lyon 1561, livre I ch XLVII) prouverait l'existence de plectres métalliques antérieurs à la plume. Le clavicytherium de la Donaldson Collection, déjà cité, possède des plectres (originaux ?) en métal. Nous basant sur le texte de SCALIGER, nous avons donc utilisé dans notre reconstruction, le métal. Cependant sans grande conviction !

(5) Voir détail de la construction de l'instrument → A : point de rencontre de l'éclisse de droite et de l'éclisse gauchée.

(6) "oportet quod ibi claves bitumentur simul ".

plutôt : "il faut que là (en A) les touches soient collées ensembles au bitume " probablement sur une charnière unique en parchemin).

\*\*\*\*\*

Troisième paragraphe, en haut :

" Troisième système "

Forme du ressort de ce sautereau

Trou.

Dans ce système de sautereau, il y a en arrière, dans la queue [qui est] en quelque sorte double, un orifice par lequel pénètre une cheville de bois portant à sa partie supérieure une tige percée de trous carrés, et ainsi, quand la touche s'abaisse, la queue s'abaisse, et, par conséquent, sa tête se relève en percutant la corde; et dans ce cas - ci les touches sont plus haut que le sommier (6)

...../

Notes :

- (6) les remarques de Lecerf sont pertinentes :
- A) les trous carrés de la réglette servent pour la liaison avec le bout de la touche qui serait terminé par un tenon; et il y en a plusieurs afin de permettre le réglage.
- B) Ce troisième système est une combinaison des précédents : c'est l'application de la bascule à pointe métallique au balancier sur fourche du second système. Le système de rappel est un ressort analogue à celui des soupapes d'orgue.
- C) Le clavier est placé ici au-dessus du sommier, comme dans les orgues portatifs, et la liaison de la touche au balancier, se faisant par compression est effectuée au moyen d'une réglette au lieu d'une chaîne. Cette réglette est placée dans la queue fourchue du balancier et peut tourner sur un axe traversant la fourche.
- D) Voir dessin de ces quatre systèmes.

\*\*\*\*\*

Quatrième paragraphe en haut :

## " Quatrième système "

Item cette touche a une pièce collée à sa partie supérieure, et plombée, en sorte que, quand la touche est percutée et heurte un obstacle en haut près des cordes, cette pièce est projetée dans la direction des cordes et, après les avoir touchées, retombe, étant donné que la touche [reste] tenue en suspens; et [cette pièce] a un crampon comme dans le clavicorde, mais ici il est posé transversalement, et avec ce système de touche on peut faire un clavisimbalum, un clavicorde ou un dulce melos, et tous auront le son du dulce melos; et pour composer un clavisimbalum par ce procédé, il faut que le logement du mécanisme n'ait pas de fond; et cette pièce supérieure sera plombée, et elle rebondira contre tout obstacles ". (7)

Notes :

- (7) Comme le dit bien Lecerf, ce système est bien celui du pianoforte, comprenant marteau avec son manche et butée d'échappement.

L'objection de Cecil Clutton (Galpin Soc. Journ. N° 5) considérant cette mécanique comme un système à tangente, n'est pas valable. En effet cet article dénigrant d'ailleurs sans raison valable le merveilleux travail de Lecerf et Labande, interprète le texte de façon très libre. Ainsi " Clavis Labet unam petiam colatam et superius oneratam eum plumbo " devient : " la touche a une pièce, sur laquelle est collé un plomb lui donnant du poids ". Ce qui revient à considérer le marteau comme étant plombé, et reposant librement sur la touche; étant guidé dans le sens vertical, il s'agirait bien d'une mécanique à tangente comme celle, par exemple, de Schmalhl au XVIII° siècle. Mais cette théorie n'est pas défendable ! A quoi servirait le crampon, semblable à celui du clavicorde, mais perpendiculaire à la corde ?

\*\*\*\*\*

...../

Paragraphe en milieu de page :

" Notez que ces deux derniers modes (8) de sautereaux sont fixés sur une planche, suivant la largeur dudit logement du mécanisme, en sorte que, lorsqu'on enlève la planche, on enlève ces sautereaux qui font corps avec elle.

Et dans le sautereau du second système le ressort est en haut, sous forme d'une mince lamelle; mais dans [celui du] troisième système, le ressort est fait en fil de fer ou de laiton, et son pied est fixé dans une planche à côté du pied du sautereau, et la queue [du ressort] passe derrière la queue [du sautereau], sous la fourche qui est percée d'un trou, afin d'abaisser, dans le mouvement de retour, la tête du sautereau.

Notes :

- (8) Comme le dit Lecerf, Arnaut ne considère pas le quatrième système de mécanisme comme un mécanisme de pincement, mais bien un système à percussion (piano-forte). Il parle donc dans ce paragraphe du deuxième et troisième système. Voir notre représentation dessinée (voir cependant 129 v°/16...!! ut habeant forpitem quarti modi ".....

\*\*\*\*\*

Paragraphe en bas de page :

" Notez que, dans le clavisimbalum, les demi-tons ne tombent pas exactement au milieu des touches principales, et c'est à cause de l'égalité des divisions dans les queues (9), et par conséquent il faut que les pièces qui sont collées sur les demi-tons dépassent d'un côté ou de l'autre (d'une quantité) telle qu'il semble que les demi-tons soient au milieu des notes ou des touches principales (10)

Notes :

- (9) le terme "queue de touche" est toujours utilisé aujourd'hui pour désigner la partie non touchée par la main du musicien.
- (10) Ce passage se rapporte au clavier représenté en bas de page (voir son évolution, sur le dessin .

NOTE IMPORTANTE

- A) Pour la division, assez complexe de ce clavier, (voir les brisures entre e et f, e' et f', e'' et f''), qui est propre au clavisimbalum, et à lui seul (cf. les représentations de clavicorde 129 r°, 129 v° et de dulce melos p. 130 r°) nous avons dû établir un plan très particulier, dont il serait trop long de donner le détail ici, et un système à progression proportionnelle à quatre pas différents, la séparation entre H et C, h' et c', h'' et c'', étant toujours une ligne droite.
- B) Notez l'étendue de ce clavier : h - a'' = 35 notes, qui est l'étendue de la plupart des instruments à clavier que décrit Henry Arnaut, et le fait de

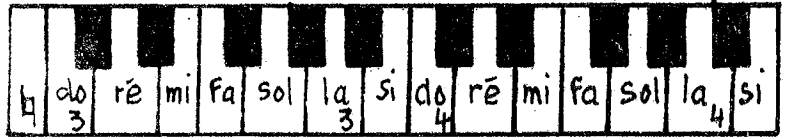


# EXTENSION vers le grave du clavecin

vers:

← partie commune →

1440 Arnaut de Zwolle



XV<sup>o</sup>s. stade interméd<sup>re</sup>



1550

octave courte



1625

sans do#



1640

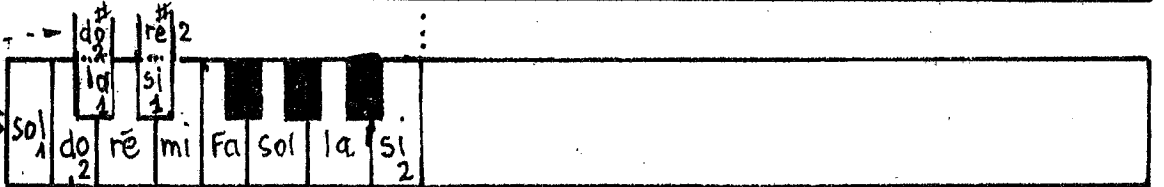


1650



1680

avec touches brisées



1700

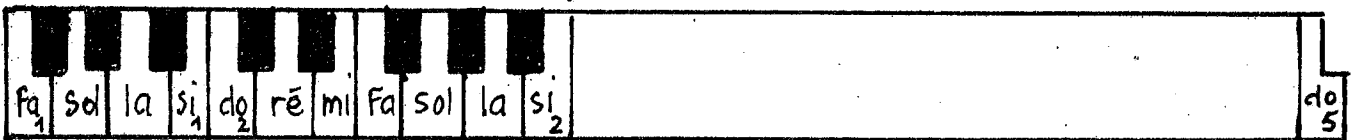
sans sol#



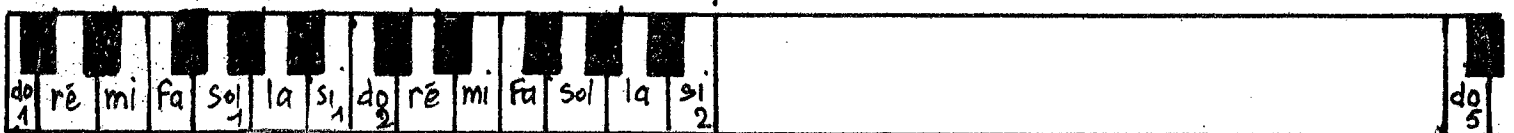
1730



1750



1775



Notes (suite)

considérer la note h comme note pilote pour le comptage des octaves de h à b ; de h' à b' ; de h'' à a'' (à l'encontre du système habituel avec c) Voyons à ce sujet la remarque de Praetorius; Syntagma Musicum II : De Organographia. WOLFENBÜTTEL, 1619, p. 112.

" Denn so viel den unterscheidt der Buchstaben von Octaven zu Octaven belanget ist die erste Octava für sich geblieben; die ander aber mit unem kleinem ( ) uberzeichnet; und die dritte Octava mit doppelten Buchstaben angedeutet worden. Darmit weil die Clavier anzahl der Clavium immer zugenommen/auch ein vernemlicher unterscheidt observiret werden köndte; Welchen sie aber allzeit von h zu h angefangen haben ". ( h = H )

C) Il est intéressant de noter le commencement de ce clavier par H . (comme nous le voyons dans de nombreux instruments depuis le XII<sup>e</sup> siècle) et non par A (rare) : voir Praetorius, ibid, p. 113.

" Warumb aber/und was ihre Gedancken und meinung in deme gewesen sein mag/ kan man eigentlich nicht wissen.

Mehrgedachtes Herrn Calvisii Meynung ist diese/do er an mich also schreibet : Causa esse videtur, quod principium Clavium ex clave h producitur, et originem traxit ex veterum tetrachordis, quorum Hypate Hypaten, hoc est primum tetrachordum incipiebat ex Clave h . Clavis autem A dicitur proslambanomenos, hoc est assumpta clavis, Ita ut h regulariter sit prima ab antiquo ".

De même ibid. p. 110 : " Der anfanghrer Clavir aber ist noch allzeit beyden geblieben ".

D) Evolution probable de l'étendue des claviers de clavecin depuis Arnaut de Zwoll (voir graphie I).

E) Notre clavier pour le clavisimbalum a été déterminant pour établir les dimensions finales de notre reconstitution. En effet nous basant sur les dimensions de l'orgue portatif du polyptique de l'Agneau mystique (Van Eyck - voir plus loin), la valeur du pouce de Paris au XV<sup>e</sup> siècle donnée par Jean le Fèvre (possesseur du manuscrit au XVI<sup>e</sup> siècle) (haut du folio 70 v<sup>o</sup>), et, nous avons pu déterminer la largeur d'une palette de touche à 25,5<sup>t</sup> m/m (milieu touche à milieu touche). D'où pour 21 palette, une longueur de clavier de 536 m/m. Le module de base (voir plus loin) sera donc de 536/8 = 67 mm.

F) On nous a reproché la petite dimension de l'instrument, qui serait impossible en raison" de la très grande dimension des touches d'orgues à l'époque". Il est exact que les grands instruments de l'époque possédaient des palettes d'une largeur de  $\pm$  5 cm à  $\pm$  7 cm. (St Egidien - Braunschweig et autres cités par Praetorius - Sundre (Gotland) = 3 cm de large distance entre touche 2,5 cm!). Mais il ne faut pas oublier que le clavier du clavisimbalum est issu du petit instrument qu'était le portatif, dont les dimensions sont indiscutables (Hickmann). D'ailleurs les représentations de l'époque nous montrent de petits instruments (Weimarer Wunderbuch etc...), et d'autre part je n'ose pas penser à la dimension que prendrait alors le mécanisme de pincement (sauteureau de 20 cm de large et 21 cm de haut !).

G) La dimension des palettes est carrée (voir le dessin d'Henry Arnaut). Il est intéressant de voir comment se concevait une division de clavier au XV<sup>e</sup> siècle (clavicorde!)

Folio 129 v<sup>o</sup> : " Pour [obtenir] la division des touches depuis la ligne droite descendant du milieu de la touche f simple jusqu'à la ligne droite descendant au milieu de la touche f'' avec deux points - ce qui [détermine] la ligne G H - , il faut diviser [cette ligne] en 14 parties égales; et puis prenez une demi partie en allant de G vers H, en sorte que cette touche soit au milieu et, de l'autre côté, prenez la même quantité et de la même manière en partant dudit [point] H; alors, tout l'espace compris entre I et K .....

Notes (suite): sera de 13 parties complètes. Et la largeur des demi-tons, sera la moitié de la largeur d'une touche. Puis ensuite prenez autant de divisions égales qu'il en est besoin en deçà de f simple, et au delà de f" avec deux points autant que nous en voudrons faire et ainsi toutes les touches seront égales".

Cette division n'est pas valable pour le clavisimbalum, car des impératifs de mécanique obligent à une division égale des queues de touches. Or au point de vue esthétique il importe, au XV<sup>e</sup> siècle, que les touches soient égales, carrées, et que les demi-tons soient répartis symétriquement. Voilà ce qui explique le paragraphe consacré par Henry Arnaut à la division, paragraphe qu'il considère comme important puisqu'aussi long que celui consacré à la description du mécanisme. Cette science des détails est assez remarquable, et ceci confirme notre opinion qu'il n'était pas uniquement organologue érudit mais aussi artisan, facteur d'instrument.

- H) Le clavier du clavisimbalum est "vorstehend"; comme le dit bien le mot allemand, le clavier ne se trouve pas enfoncé entre les éclisses, mais dépasse dans le vide, sans même un fond pour le soutenir (voir clavisimbalum du Weimarer Wunderbuch).

Ainsi le texte, fol. 129 v<sup>o</sup> (en parlant du dulce-melos).

"Item, les touches, aussi bien dans les clavicordes que dans ces instruments-ci, doivent dépasser - pour ce qui est de la partie antérieure ou clavier - de deux carrés [construits sur] leurs largeurs. Il en est de même dans les orgues et les clavisimbala".

- I) Nous croyons que le terme "échiquier", ne s'applique pas à un instrument pour l'unique raison que son clavier présenterait une alternance de carrés blancs et noirs, puisqu'ils ont tous plus ou moins le même aspect, qu'il s'agisse d'orgue, clavisimbala, dulce-melos et clavicordes. Cette alternance de blanc et noir doit être conjointe à une forme bien typée de la caisse de l'instrument (carrée ou rectangulaire). La discussion reste ouverte. Voir PHILIP James/EARLY Keyboard Instr./ 1830 / p. 9.

\*\*\*\*\*

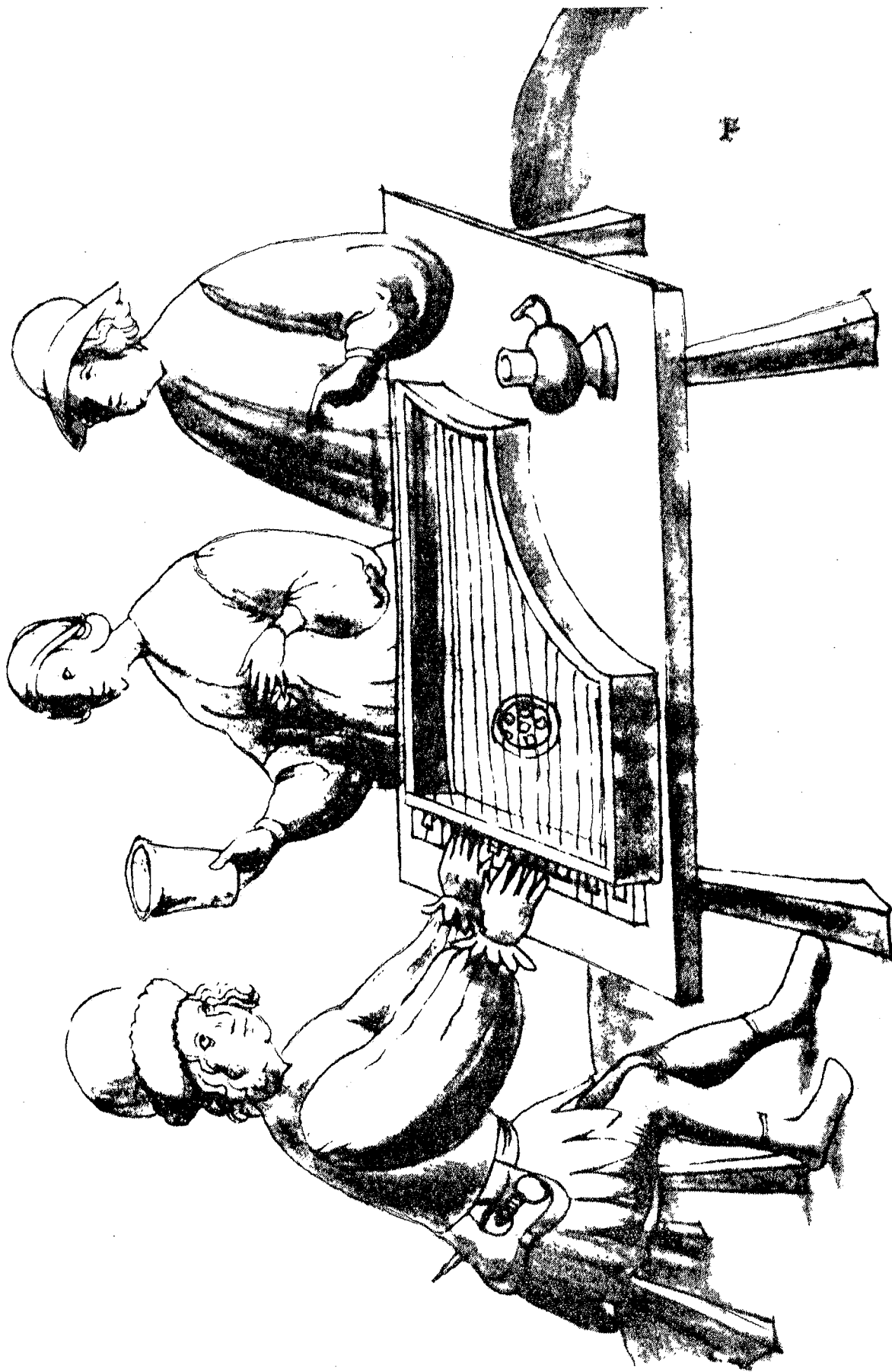
Fol. 128 v<sup>o</sup>

" Pour la composition du clavisimbalum, traçons la ligne BC, d'une longueur égale à la largeur que nous voulons donner à l'instrument; et divisons cette ligne BC en 8 parties égales (11) : la ligne AB [équivaldra à] 4 de ces unités, la ligne CD à 13, la ligne DE à une, et la ligne EF également à une. Ensuite traçons à la pointe la ligne droite FA, et ayant placé le point G en son milieu, tirons ensuite la ligne droite CG ; (12) ensuite, sur la ligne CG, prenons huit parties en allant de C à H (13) et traçons le [segment de] cercle passant par les trois points FHA, et en partant du centre [de ce cercle] décrivons le chevalet EIK, et les segments de cercle voisins du chevalet n'en sont pas équidistants, parce que [la partie] supérieure du chevalet doit être plus large et haute que l'inférieure (14).

Notes :

- (11) Notons d'une part que les dimensions de l'instrument peuvent être choisies "ad libitum"; il suffit de tenir compte des proportions de l'instrument en référant au "module" de base, (pars), dont nous avons déterminé la longueur = 6,7 cm. D'autre part, nous attirons l'attention sur le fait que toutes les proportions de l'instrument sont liées entre elles par les règles de la "sectio aurea", section dorée qui tenait tant au coeur aux savants du Moyen Age (3-5-8-13 etc ...), de même que l'exigence "que tout tracé soit fait à la règle et au compas" (comme le tracé de l'éclisso courbe, par exemple). .....

La plus ancienne représentation du clavecin.



Weimarer Ingenieurkunst- und Wunderbuch (15./16. Jahrhundert). Cembalospieler  
Weimar, Thüringische Landesbibliothek

Notes (suite) :

- (12) Les lettres se rapportent au plan du clavisimbalum du folio 128 r<sup>o</sup>.
- (13) La remarque de Lecerf déclarant qu'Henry Arnaut s'exprime mal quant à la division de CH en huit parties n'est pas fondée. D'ailleurs l'auteur écrit avec une précision et concision peu ordinaires. Tout se trouve dans le texte, il suffit de lire entre les lignes.
- (14) Ces différences de niveau entre la partie basse et disquant du chevalet se retrouvent dans les clavecins du XVIII<sup>e</sup>, et dans les bons clavecins modernes ! Cette différence peut s'expliquer par la compensation de la pression sur la table dans la basse.

\*\*\*\*\*

Et [au point] où la ligne YA - tracée à la pointe - coupe la ligne CG sera le centre de la rose principale, savoir M à partir duquel centre on décrira un cercle dont le rayon est [égal à] une unité, et ce cercle sera la rose principale. Et les deux tiers du diamètre de la rose principale seront le diamètre des deux autres roses moyennes; quant aux petites roses, on [peut] les faire ad libitum, et [même], si on veut, sans dessins à jour; (15) et il faut placer entre les roses, à égale distance, des barres au nombre de quatre, et ces barres doivent être d'abord collées au fond supérieur, ceci après que [au moyen de] pointes, elles ont été fixées d'abord à leurs positions [respectives] sur les éclisses latérales (16).

Notes :

- (15) L'importance acoustique de la rose est aujourd'hui reconnue comme indiscutable. Les trois roses du clavisimbalum sont évidemment surdimensionnées par rapport au volume du résonateur interne, ce qui peut s'expliquer par des préoccupations esthétiques héritées du décor des psaltérions, ancêtres du clavisimbalum

Figure 4 C

Ces roses sont tracées géométriquement (Figure B)

- (16) Les barres doivent être d'abord encastrées dans leur logement dans les contre-éclisses (repos de table d'harmonie). Ensuite elles sont démontées et collées sur la table.

Le fait que les barres "croisent" le chevalet ferait aujourd'hui pousser de hauts cris à certains, mais n'oublions pas que la première fonction des barres, avant de penser acoustique, est de soutenir la table et le chevalet. D'ailleurs on retrouve cette disposition dans les anciens clavecins italiens. On a pu éviter cette disposition, à partir du moment où le boudin et la barre-mouchoir ont été utilisés

\*\*\*\*\*

...../

Item, le fond inférieur sera prolongé jusqu'à la ligne BC; quant au supérieur, il sera prolongé seulement jusqu'au logement du mécanisme, c'est-à-dire jusqu'à la ligne NO; (17) NOPQ est donc le logement du mécanisme, et PQCB, la largeur du sommier, et la ligne RS sera le fil de fer, au milieu du sommier, sur lequel passeront les cordes (18); et dans sa partie inférieure, c'est-à-dire du côté de la ligne CB, le sommier sera plus mince, afin qu'on y puisse y placer les pivots (19).

---

Notes

- (17) fond supérieur : table d'harmonie  
fond inférieur : fond en dessous de caisse
- (18) le sillet n'est pas en bois, mais simplement un fil de fer de section circulaire. Les pointes sont fixées directement dans le bois du sommier, en deçà du sillet.
- (19) Ces pivots correspondent à nos actuelles pointes de balancier, avec la différence que nos pointes actuelles sont fichées définitivement dans le sommier de balancier. Les pointes du clavisimbalum sont fichées dans le fond inférieur avant le collage de celui-ci, et viennent buter, quand on les baisse à l'aide d'une pince, contre le balancier en métal fixé à une planchette séparée. Pour le démontage d'une touche, il faut donc soulever la pointe à l'aide d'un outil. Ces pivots sont représentés au bas du présent folio 128 v°. Cette complexité dans la conception du clavier, peut s'expliquer par le peu d'expérience dans la construction des claviers à balancier au XV<sup>e</sup> siècle.

\*\*\*\*\*

Item la ligne BS, qui est [égale à] la moitié d'une unité, [représente] la distance entre les deux fonds, et la ligne BQ est la largeur ou la hauteur de toutes les éclisses latérales jusqu'au logement du mécanisme; quant à la ligne OS, c'est la largeur ou la hauteur des éclisses latérales depuis le logement du mécanisme jusqu'à l'extrémité des touches (20) et sur [la partie des éclisses qui dépasse] il faut construire un coffre carré dont la partie antérieure descendra (21) entre les cordes, tandis que la partie postérieure descendra jusqu'aux demi-tons. Quant à l'épaisseur du sommier, ce sera la distance entre le fond inférieur et le fond supérieur exclusivement.

Item l'épaisseur des éclisses latérales, situées entre les deux fonds sera égale à OT. (22) Et les éclisses latérales extérieures, en plus de la dimension [dont nous venons de] parler, seront prolongées plus bas que le fond inférieur, et ceci parce que les touches seront situées au-dessous du fond inférieur. (23)

---

Notes :

- (20) La hauteur normale des éclisses est d'une unité; la hauteur des éclisses entre le logement du mécanisme et la partie arrière des palettes du clavier sera d'une unité et demie. Sur cette hauteur ("super illa altitudine"), sera posée la boîte (archa quadrata) carrée qui renferme le mécanisme, étouffe les bruits de celui-ci, et surtout (peut-être) le dissimule aux regards indiscrets.
- (21) Nous avons cru pouvoir interpréter ce passage - " per inter cordas " - littéralement " au travers entre les cordes ", - par le fait de faire descendre la partie arrière de la boîte " entre " les cordes, en y taillant en face de chaque corde, un passage circulaire.

...../

- (22) Il s'agit des contre-éclisses, sur lesquelles sont collés la table et le fond de caisse.
- (23) Ce qui veut dire que les éclisses doivent descendre jusqu'à hauteur de la planchette qui supporte le clavier.

\*\*\*\*\*

Et les sautereaux, ayant été mis en place par [un mouvement] d'inclinaison, seront placés dans [leur] logement, et ils sont reliés au sommier par un fil de fer, et ils seront suspendus à ce fil de fer par un certain évidement (24) [ménagé à cet effet] , en sorte qu'on peut les enlever très facilement.

Item la ligne VX, tracée au-dessous du fond inférieur, sera un fil de fer ou de laiton assez gros, et les touches tourneront sur lui en s'abaissant et en s'élevant (25); et en face de cette dite [ligne] à la partie du fond inférieur qui va [du devant] au logement du mécanisme, on fixera de petites clavettes qui traversent les touches; et alors la planche recouvrant (26) la [partie] inférieure des touches aura une pièce [de profil] semi-circulaire collée à elle, et ceci dans le [même plan] que les susdites clavettes, afin que le mouvement des touches ne soit pas gêné par les fonds. Ensuite les touches auront des fentes oblongues à [leurs] extrémités; (27) le pied des sautereaux pénètre par celles-ci et par le fond du logement du mécanisme, et [ce pied] est percé d'un trou au-dessous des touches; et ces fentes peuvent être garnies d'une mince [plaque de] laiton, afin qu'elles ne se détériorent pas à l'usage (28).

(Notes)

- (24) Cet évidement en forme de L est bien visible sur notre dessin. Le fil de fer en question, traverse de part en part le "peigne" formé par la série d'entailles juxtaposées pratiquées dans le sommier, qui sert en plus de sa fonction de résistance à la traction, comme guide et support de mécanisme. Il porte bien son nom de "sommier".
- (25) Il n'y a pas de garniture de balancier sous la touche; elle est directement en contact avec le fil de laiton qui lui sert de support.
- (26) Plutôt "réunissant" (le mot latin "cooperiens").  
il faut lire : "asser inferius cooperiens claves habebit ..."  
" la planchette du bas réunissant les touches, aura..."
- (27) Ces mortaises sont bien visibles sur le dessin du clavier au folio 128 r<sup>o</sup> .
- (28) Cette remarque a beaucoup d'importance. Elle démontre d'abord que l'instrument que décrit Arnaut de Zwolle, a réellement existé. Il nous semble ensuite que l'usage dont il parle ne se produise qu'au bout de nombreuses années, notre reconstitution commence seulement (après trois années) de montrer des signes de fatigue au même endroit.

L'instrument qu'Arnaut décrit, (peut être l'a-t-il construit ?) a donc au moins une dizaine d'années, lorsqu'il rédige son manuscrit. Cette indication purement technique confirme l'idée qu'Henry Arnaut n'a rien d'un amateur, et qu'il ne s'adresse dans son manuscrit qu'au seul spécialiste, qui n'ignore rien de la construction des parties sonores de l'instrument (table, chevalet, cordes), mais qui s'intéresse à la nouvelle mécanique appliquée au vieux psaltérion.

...../

Notez que le chevalet, en ce qui concerne la position des cordes, se divise de la manière suivante : que toutes les divisions des cordes tracées sur le sommier soient marquées sur une règle; puisque les divisions de cette règle déterminent celles du chevalet, en [la] déplaçant [d'un mouvement] continu, perpendiculairement [au clavier], et là où les divisions rencontrent le chevalet, marquez des points, car [c'est] par ces [points que] passera la corde correspondant à la division du sommier (29). Et par ce même procédé de la règle peuvent être marquées les divisions des touches sur la harpe (30). En effet, marquez d'abord sur la caisse de la harpe autant de parties égales que vous voudrez [faire] de notes, puis faites une règle sur laquelle [les divisions] soient également tracées, et placez à son extrémité une autre règle suivant un angle correspondant à [celui de] la forme de la harpe, et là où il vous aura plu de poser d'abord la première corde, etc... Et notez que le clavisimbalum peut être construit avec des cordes simples, et alors il suffit seulement qu'un fil de fer ou de laiton soit fixé sur l'arc du chevalet, et semblablement sur le sommier (31). On peut le construire encore avec de doubles cordes, et alors il n'est pas nécessaire que ces fils de fer ou de laiton soient posés sur le chevalet ni sur le sommier, mais à l'endroit où passent les cordes il faut poser de petits clous de fer ou de laiton ayant deux encoches l'une au-dessus de l'autre, afin que l'une des cordes puisse être située au-dessus de l'autre.

#### Notes :

- (29) Ce qui est nouveau pour le facteur d'instrument du XV<sup>e</sup> siècle auquel est destiné le texte d'Henry Arnaut, est le fait que l'instrument est "organis", c'est-à-dire muni d'une mécanique et d'un clavier. Le gabarit de traçage doit donc être réalisé à partir de l'espacement des sautereaux, et du clavier.
- (30) Lecerf traduit le mot "cithara" par "harpe". Nous nous demandons alors de quelles touches l'auteur veut ici parler (dans le texte : "divisiones clavium"). Peut-être des "harpions" qui faisaient "nasarder" la harpe (cf : le registre "harpicordum" des virginals flamands.
- (31) De même que le sillet est métallique, de même le sommet du chevalet est renforcé d'un fil de cuivre jaune. Ceci pour obtenir une grande stabilité dans les dimensions mécaniques de l'instrument, dont tous les éléments sont d'ailleurs largement mesurés (voir l'épaisseur des contre-éclisses). D'ailleurs il doit pouvoir résister à la traction d'un double jeu de corde (éventuel).

\*\*\*\*\*

#### PETIT VOCABULAIRE BAS-LATIN CONCERNANT LE CLAVECIN AU XV<sup>e</sup> siècle

CLAVISIMBALUM	:	instrument à cordes et clavier, en forme d'aile.
	:	il peut être pincé (de trois façons) ou frappé.
	:	
FORPEX	:	mécanisme de pincement ou de percussion
	:	
PENU	:	logement de mécanisme
	:	
ARCHA QUADRATA	:	Boite qui recouvre le mécanisme.
	:	
CLAVIS	:	touche (clé)
	:	
TRUNCUS	:	sommier
	:	
CAUDA FORPICIS	:	queue du sautereau
	:	
FUNDUM SUPERIUM	:	table d'harmonie
	:	
FUNDUM INFERIUM	:	fond de caisse
	:	

...../



CORDA	:	corde
STEPHANUS	:	chevalet (Hestal)
ARCUM STEPHANI	:	sommet du chevalet
BITUMINERE	:	coller (au bitume)
CAVILLA	:	cheville ou clavette
CRAMPINUM	:	crampon : tangente du clavicorde ou tête du marteau
CLAVICORDIUM	:	clavicorde
DULCE-MELOS	:	instrument à corde et marteaux, de forme rectangulaire
RESILIENS	:	ressort
CAPUT FORPICIS	:	tête du sautereau : sa partie utile où se trouve fixée la
	:	bascule
SEMITONIA	:	les touches demi-tons (dièzes ou bémols) - nos touches noires
	:	(ou FICTA)
CLAVIS PRINCIPALIS	:	correspond à nos touches blanches
PARS	:	unité de mesure ou module
FENESTRA	:	Rosace
INSCISIO	:	entaille (sculptée) de la rosace
TRABIS	:	barre (sous la table)
ASSER LATERALIS PRIMUS	:	contre-éclisse
ASSER LATERALIS	:	éclisse
CYTHARA	:	harpe (?)
CLAVICULUS FERREUS	:	pointe de chevalet (en fer)
ASSER COOPERIENS CLAVES	:	notre châssis de clavier

### III - DONNEES UTILES TIREES DU TEXTE

#### BASE DU CALCUL DES DIMENSIONS DE LA RECONSTITUTION :

##### 1°) DIMENSIONS RELATIVES

Ces données sont tirées du texte au fur et à mesure de leur apparition (voir figure de la feuille 128 r°).

Toutes les dimensions sont prises " à l'intérieur des éclisses ".

$\overline{BC}$  = largeur de l'instrument : 8 unités

d'où  $\overline{BC}/8 = 1$  unité ou module

$\overline{AB}$  = éclisse de droite : 4 unités (ou petite éclisse)

$\overline{CD}$  = éclisse de gauche : 13 unités (ou grande éclisse)

Toutes ces lignes sont perpendiculaires entre elles

o  
o o

#### DETERMINATION DU POINT F.

- Sur  $\overline{CD}$ , prendre à partir de D vers C une distance égale à une unité : point E. En E, tracer sur  $\overline{CD}$ , et perpendiculairement à cette longueur, une distance égale à une unité : nous aurons le point F.
- L'éclisse de pointe forme un angle droit avec la grande éclisse, ce qui se retrouve dans certains clavecins italiens du XVI<sup>e</sup> siècle.

#### TRACE DE L'ECLISSE COURBE ET DU CHEVALET.

Réunir le point F, déjà trouvé, au point A, extrémité de la petite éclisse. Au milieu de  $\overline{AF}$ , prendre le point G.

Réunir C, extrémité de la grande éclisse, au point G.

Sur  $\overline{CG}$ , à partir de C, prendre une longueur égale à celle de huit unités (à l'encontre de ce que dit Lecerf).

Nous obtenons le point H.

- Il faut alors faire passer un segment de cercle par les points FHA, ce qui nous donne la forme (en arc de cercle) de l'éclisse courbe. Le centre du cercle, servira aussi à tracer la forme du sommet du chevalet.
- Il faut tenir compte de la remarque signalant que le chevalet doit être plus large et plus haut dans sa partie de basse (Ce qui se fait toujours, dans les bons clavecins modernes).

#### TRACE DES ROSACES ET LEUR EMBLEMMENT.

- Sur segment  $\overline{CD}$  (grande éclisse) prendre, quatre unités; nous aurons le point Y. Traçons la ligne AY (parallèle à l'avant de l'instrument). A l'endroit où AY coupe  $\overline{CG}$ , nous aurons le centre de la grande rosace.

.....

- Le rayon de cette grande rose, sera d'une unité.
- Diamètre des roses moyennes =  $2/3$  du diamètre de la grande rose.
- Petites roses = postiches

#### EMPLACEMENT DES BARRES.

Elles sont au nombre de quatre, et placées à équidistance entre les rosaces. Elles croisent le chevalet.

#### EMPLACEMENT DU FOND DE CAISSE (FUNDUM INFERIUM)

Tout le dessin (jusqu'à la ligne BC).

#### EMPLACEMENT DE LA TABLE D'HARMONIE (FUNDUM SUPERIUM)

Tout l'arrière du dessin jusqu'à NO (à deux unités depuis l'avant).

#### EMPLACEMENT DU LOGEMENT DE MECANISME (PENU)

Entre les lignes NO et PQ (à une unité depuis l'avant). Longueur : 8 unités.

#### DIMENSIONS ET EPAISSEUR DU SOMMIER (TRUNCUS)

La largeur est égale à une unité. Son emplacement : PQCB.  
 Epaisseur : distance entre les deux fonds (exclusivement).  
 Longueur : 8 unités. La partie inférieure, avant, est découpée pour permettre la fixation des pointes de balancier.

#### CHEVALET

Arc de cercle. Tracé à partir du centre qui a permis de tracer l'éclisse galbée. Cet arc est parallèle à cette éclisse et va de E à K (respectivement à une unité du galbe). Il est plus large et plus haut dans la basse. Il est recouvert d'un fil de laiton à son sommet et est en contact avec les éclisses(?).

#### SILLET

Simple fil métallique reposant sur le sommier, au milieu de la largeur de celui-ci (à  $1/2$  unité de l'avant).

#### CHEVILLES ET POINTES D'ATTACHE

Leur emplacement est bien visible sur le dessin du manuscrit. Elles semblent être métalliques.

...../

CORDES

Leur longueur utile est parfaitement visible sur le manuscrit. Notons que leur direction est parallèle à la grande éclisse. Ceci étant déterminé à nouveau, par une plus grande préoccupation mécanique qu'acoustique dans le chef du constructeur de clavisimbalum. Cette direction deviendra oblique au XVI<sup>e</sup> siècle pour "gagner de la table". L'emplacement des cordes, toutes parallèles entre elles au point de vue direction est déterminé par la division régulière des entailles du sommier.

DISTANCE ENTRE LA TABLE ET LE FOND. Dimensions des contre-éclisses.

Cette distance égale  $\overline{BS} = 1/2$  unité.

De même la hauteur des contre-éclisses. Leur épaisseur est de  $\overline{OT}$ , c'est-à-dire  $\pm 1/4$  d'unité.

HAUTEUR DES ECLISSES.

Tout l'arrière de l'instrument jusqu'au PENU = une unité.

Tout l'avant, depuis le PENU jusqu'à l'extrémité des touches (arrière des palettes) = 1,5 unité.

Toutes les éclisses, en plus des dimensions données (une unité et 1,5 unité), ont une "portion" en dessous du fond inférieur, car pour la mécanique du premier type (notre reconstruction), les touches se trouvent sous le fond inférieur.

TOUCHES ET CLAVIER.

Clavier à balancier. Division arrière = égale.

Il passe sous le sommier, jusqu'à toucher quasiment  $\overline{NO}$ .

La largeur du clavier, palettes comprises = 8 unités

Etendu = 35 degrés - H - a

Palettes carrées. Elles doivent dépasser l'avant de l'instrument (sommier) de deux largeurs de palettes. Dièzes bien visibles.

L'emplacement des mortaises est bien indiqué.

o  
o o

2°) DIMENSIONS ABSOLUES - METHODE SUIVIE POUR DETERMINER LA VALEUR DU MODULE DE BASE.

Comme on a pu le voir, les dimensions de l'instrument s'ordonnent d'après un module de base, le plan étant donné sans échelle. Si nous parvenons à déterminer la valeur de ce module, nous aurons la clé qui nous permettra de tracer le plan de l'instrument, du clavier et du mécanisme à l'échelle 1/1.

Nous avons fait correspondre trois éléments, dont deux sont donnés par le manuscrit.

1°) La valeur du pouce de Paris donnée par Jean le Fèvre (possesseur du manuscrit au XVI<sup>e</sup> siècle) Haut du folio 70 v<sup>o</sup>. Mais cette donnée est fort tardive et en fin de compte difficilement applicable. Car le pouce varie malheureusement d'une ville à l'autre, au M.A.

2°) La longueur d'un tuyau de un pied donné par le manuscrit (NEVEN) ce qui a d'ailleurs conduit à un diapason pour  $a_1$  de 425 Hz.

...../

## 3°) Les dimensions du clavier de Polyptique de Gand - Van Eyck - 1432.

Ce vaste Polyptique de l'Agneau Mystique, est l'oeuvre qui marque l'apogée de Van Eyck, et aurait été inaugurée en 1432.

Le panneau qui a retenu notre attention est celui des anges musiciens (160 x 69 cm). De nombreux spécialistes, avant nous, ont étudié les instruments qui s'y trouvent représentés, et surtout l'orgue portatif joué par un ange.

Or d'après de récentes recherches à l'Université de Gand, ce panneau a une "clé", qui serait la dimension du "pavé" qui forme le sol sur lequel repose l'instrument. Cette dimension était invariable d'une ville à l'autre; or nous possédons dans nos musées archéologiques de tels pavés.

Cette "échelle", donnée par la dimension du pavement, a aidé à la reconstitution de divers objets représentés sur le retable, comme par exemple la fabrication par un diamantaire anversois d'une réplique de la couronne se trouvant devant le personnage de Dieu le Père. De même un géologue et un botaniste sont arrivés à la conclusion que le travail de Van Eyck est quasiment assimilable à de la photographie.

Forts de ces arguments et possédant la "clé" du retable, nous avons redressé la perspective du clavier de l'orgue portatif, et calculé la dimension d'une palette : nous obtenons : 25,5 + m/m.

Il faut noter que le nombre de tuyaux visibles (42) a toujours ennuyé les organologues, qui s'obstinaient à voir en ce clavier, un clavier à octave courte.

F   G   B	D   E   B
Apparent : EF   G   A   H   etc... →	sonnant CF   G   A   H   etc...

Aucune explication non plus pour l'accord "touché" par l'ange, accord qui n'aurait rien de "céleste" : FA - SOL - MI.

Tandis que si ce portatif a le même départ que celui de notre clavisimbalum, c'est-à-dire :

C# D#

H C D E F etc... l'ange touche l'accord parfait : DO / SOL / MI (voir la diapo où nous reconstituons le même geste sur le clavisimbalum). Le choix de ce retable pour notre travail, a d'autres concordances.

1) la date : 1432 , voisine de celle où écrit Henry ARNAUT.

2) VAN EYCK et de ZWOLLE (van ZWOLLE) ont dû très bien se connaître, puisque tous les deux " varlet de chambre " du puissant duc de Bourgogne. VAN EYCK était payé au tarif de 100 livres par an. ARNAUT touché mille francs, monnaie royale, pour exécuter un certain "subtil ouvrage". VAN EYCK travaillait surtout à Bruges, et Henry ARNAUT à Dijon, mais la Cour des Ducs était itinérante !

...../

3) Il est donc normal que les instruments que représente VAN EYCK, était du même "type" que ceux de Henry ARNAUT.

Une palette ayant la dimension de  $25,5^+$  m/m, nous aurons pour la largeur (sans entaille de séparation) de tout le clavier :  $(25,5^+ \times 21) = 536$  m/m.

Or la largeur du clavier : 8 unités, d'où une [unité =  $536/8 = 67$  m/m.]

1 MODULE = $\pm$ 67 mm
------------------------

Cette valeur fut confirmée par la valeur donnée par le manuscrit (longueur d'un tuyau de 1 pied).

D'où dimensions finales de l'instruments (éclisses comprises) .....	(	Longueur	:	± 95 cm
	)			
	(	Largeur	:	± 57,5 cm
	)	Hauteur	:	11,5 cm

L'instrument n'a ni pieds, ni couvercle (instrument essentiellement portatif).

o  
o o

#### IV - RECONSTITUTION PROPREMENT DITE

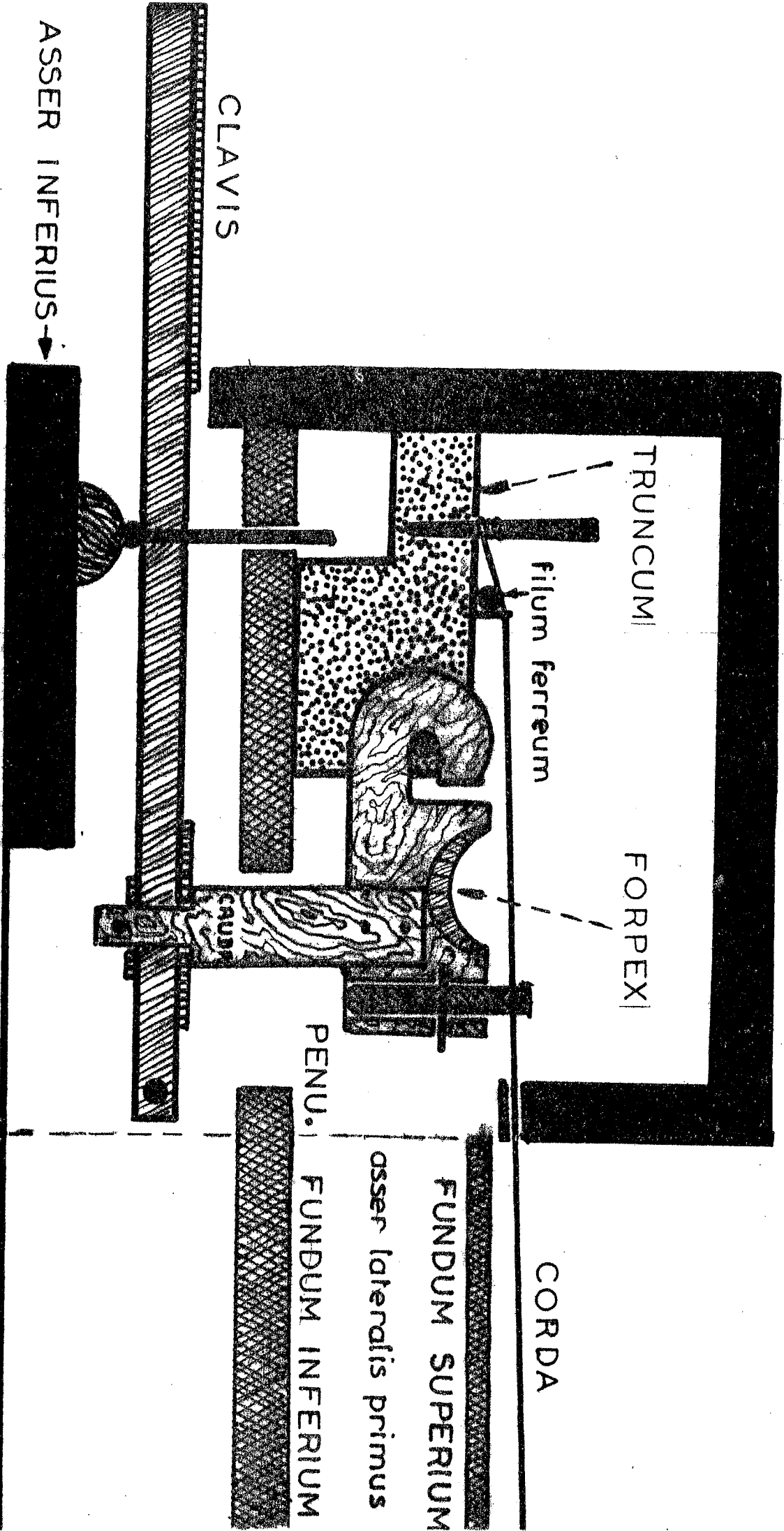
##### 1°) FABRICATION DE L'INSTRUMENT.

- 1) Nous avons soigneusement dessiné l'instrument à l'échelle 1/1.
- 2) Nous avons dessiné la coupe de l'instrument (voir figure) et établis tous les éléments.
  - Cette figure montre le sommier, qui porte le sillet, la corde et la cheville.
  - A chaque note, correspond une entaille, au travers de laquelle passe l'axe de la mécanique.
  - Un "sautereau rotatif" est montré en place. Son "doigt recourbé" est pris dans l'axe, sa "tête" est sous la corde, son "pied" est dans la mortaise de la touche.
  - Pour démonter le sautereau, il faut enlever la goupille sous la touche. Faire alors tourner le sautereau de  $90^\circ$  vers l'avant, jusqu'à ce que l'axe de la bascule pointe vers le haut. Puis mettant le pouce dans l'encoche circulaire se trouvant à la partie supérieure du "sautereau", pousser le sautereau vers le bas, et alors le libérer en le tirant vers l'arrière.
  - On voit aussi que le sautereau est guidé en trois points :
    - A) dans l'entaille du sommier
    - B) dans la mortaise du fond du "penu"
    - C) dans la mortaise de la touche.

Ce qui "mécaniquement", en est au moins un de trop.

- On voit encore le clavier "sortant" à vide, le balancier métallique fixe et la .....

ARCHA QUADRATA



TRUNCUM

FORPEX

filum ferreum

CORDA

FUNDUM SUPERIUM

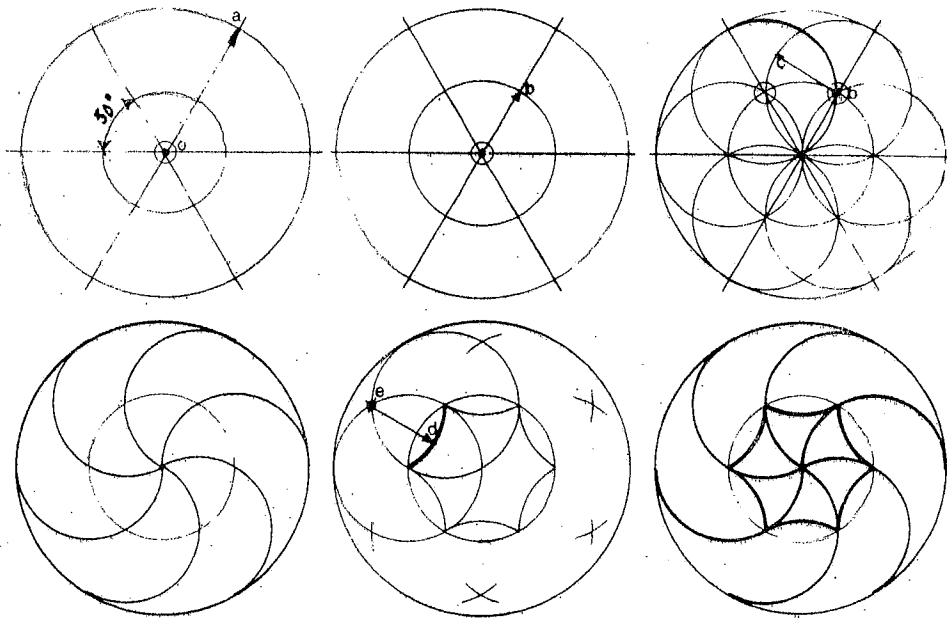
asser lateralis primus

PENU. FUNDUM INFERIUM

CLAVIS

ASSER INFERIUS →

# les rosaces d'Arnaud

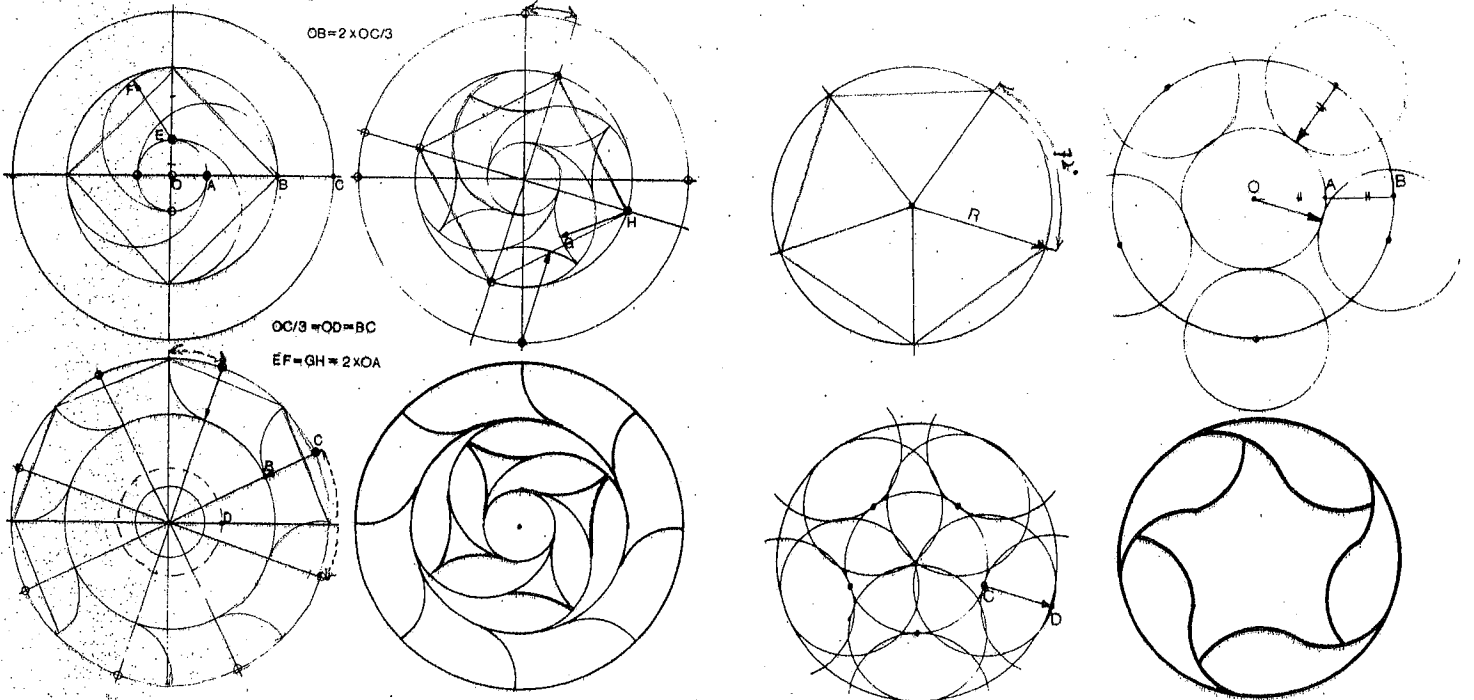


Rosace hexagonale  
 $R/2 = bc = ed = ob$ . Deux nappes.

Rosace octogonale a trois nappes avec rotation s'axe  $(\cdot O\bar{A})$

$OA = OB/3$

$OB = 2 \times OC/3$



$OC/3 = OD = BC$

$EF = GH = 2 \times OA$

$OA = AB = CD = R/2$

La géométrie des rosaces a été reconstituée par M.M. Kaufmann.



pointe, fichée dans le sommier, qui vient buter contre le balancier et guide la touche. Remarquez que la touche est guidée, à l'arrière par le pied du " sautereau" (méthode très complexe).

On voit aussi le chevalet sur la table, et la position oblique de la corde.  
Pas d'étouffoirs !

- 3) Nous avons alors construit plusieurs maquettes. La quatrième fut la bonne.
- 4) La construction nous a demandé 300 jours de travail (avec les essais et mises au point), toutes les pièces sont faites "à la main".

Nous joignons à notre travail, le plan du tracé des rosaces, et les dimensions de travail du sautereau.

## 2°) LISTE DES MATIERES UTILISEES.

### A) Caisse

- 1) sommier, éclisses : en noyer (" de ligno bono").
- 2) table et barres, contre-éclisses - fond : en pin.
- 3) "archa quadrata" en noyer
- 4) rosaces sculptées à jour d'après le manuscrit. 3 réelles - 2 fausses (voir les rosaces de l'orgue de VAN EYCK).

### B) Cordes et accessoires

- 1) chevalet : en noyer
- 2) pointes d'attache : en fer (directement dans la table et contre-éclisse)
- 3) fil de laiton pour sillet et dessus chevalet
- 4) chevilles en fer, battues à la main et bleues (sans forage).
- 5) pointes en laiton pour coudage des cordes
- 6) cordes en laiton, à bouclettes

### C) Clavier

- 1) touches en tilleul
- 2) palettes en buis (travaillées en creux comme sur le retable de l'Agneau Mystique)  
Frontons rouges.
- 3) demi-tons en ébène.
- 4) balancier en fil de laiton, sur planchette et dôme en noyer.
- 5) pointes en fer
- 6) garnitures de mortaise arrière en peau de cerf  
Les mortaises de balancier sont en ligne (naturelle et #). Ces mortaises sont faites d'un simple trou, rendu conique vers le bas (voir claviers de Ruckers)  
Le fond de touche "roule" sur le fil de balancier !

### D) Décor

- 1) sur la table : tour de rosace en camaïeu bleu (à l'oeuf)  
2 fausses rosaces
- 2) sur la caisse : motifs repris sur les instruments de VAN EYCK
- 3) sur l'"archa quadrata" : armoiries des ducs de Bourgogne.  
Les armes du duc juxtaposent les lys de France, les bandes d'or et d'azur de Bourgogne et les trois lions des Pays-Bas : "de gueulles" pour le Limbourg, "d'or" pour le Brabant, de "sable" pour les Flandres. Les armes sont accompagnées de l'emblème bourguignon : fusil et briquet.

E) Mécanique

- 1) sautereau : en noyer (en deux pièces)
- 2) bascule : en cormier
- 3) axe et ressort : en bronze
- 4) plectre métallique : en bronze
- 5) goupille : en laiton
- 6) axe groupant tous les sautereaux : en fer

CORDES : Longueurs en cm, épaisseurs (en 100ème de m/m)  
et tractions (en kg)

N°	NOM	Long.	∅	Traction	N°	NOM	Long.	∅	Traction
1	H	71,6	50	5,2	26	c2	24,2		4,82
2	c	67,7	47	4,75	27	#	23,3		5,2
3	#	64,4		4,8	28	d2	22,9	30	5,18
4	d	61,3		4,6	29	#	21,5		5,35
5	#	58,5		5,05	30	e2	20,6		4,75
6	e	56		5,2	31	f2	19,9		4,81
7	f	53,5		4,95	32	#	19		5
8	#	51,2	45	4,95	33	g2	18,3	25	5
9	g	49		5,05	34	#	17,6		5,1
10	#	46,9		5,2	35	a2	17		4,6
11	a	45		5,4					
12	b	43,1	40	4,95					
13	h1	41,3		5,08					
14	c1	39,5		5,2					
15	#	37,9		5,29					
16	d1	36,4		4,88					
17	#	34,9	35	5,01					
18	e1	33,5		5,21					
19	f1	32,2		5,41					
20	#	30,9		5					
21	g1	29,7		5,1					
22	#	28,5		5,35					
23	a1	27,4		4,8					
24	b1	26,3	32	5					
25	h2	25,3		5,1					

Notes :

- 1) toutes les cordes sont en laiton
- 2) diapason : 425 Hz
- 3) notons que les tailles sont mal choisies, car le tracé du chevallet s'est fait géométriquement (arc de cercle).

Ceci correspond aux tailles fixes pour les tuyaux d'orgue au M.A.

Seule variable : la longueur, ce qui donne un registre à timbre changeant.

3°) ACCORD DE L'INSTRUMENT.

Nous possédons de façon approximative le diapason de l'instrument :  
 $\pm 425$  Hz pour  $a_1$ .

Nous avons la chance inouïe d'avoir au folio 128 v°, la description de la division de la corde, permettant de placer les chevalets du clavicorde.

ARNAUT dénomme son système " secundum librum BAUDECETI ", un manuscrit dont nous ignorons tout.

Appliquant cette division au monocorde, nous obtenons la partition d'une octave. Construisant un monocorde, et accordant celui ci à  $A_1 = 425$  Hz, en choisissant pour  $\ell_1$ , une longueur de 81 cm, nous obtiendrons l'accord exact préconisé par Henry ARNAUT.

Encore une richesse du manuscrit : nous pourrions entendre un instrument du XV° siècle, avec l'accord conçu pour lui !

CALCUL DE LA DIVISION DU MONOCORDE :

Corde totale : 81 cm

Ré :  $1/9$  de la corde totale = 9 cm

Mi :  $1/9$  de Ré à chevalet = 8 cm  $\longrightarrow 9 + 8 = 17$  cm

FA : corde/4 =  $81/4 = 20,25$  cm (quarte)

Sol:  $81/3 = 27$  cm (quinte)

LA :  $1/3$  de Ré à chevalet =  $72/3 = 24$  cm donc  $9 + 24 = 33$  cm (quinte de Ré)

Si :  $1/3$  de Mi à chevalet =  $\frac{81-17}{3} = 21,3$  cm ;  $21,3 + 17 = 38,3$  cm (quinte de Mi)

UT octave = 40,5 cm

D'où division du monocorde

0	406	9	12.65	17	20.25	23.33	27	29.74	33	35.43	38,3	40.5	81		
UT/	UT#	/RE/	RE#	/MI/	FA/	SOL <sup>b</sup> /	SOL/	LA#	/LA/	LA#	/SI/	DO/			

Note : quinte du loup : si/sol<sup>b</sup>

Echelle à tierces non consonantes (plytagoriciennes).

Si :  $1/4$  depuis fa : (quarte sur fa)  
 or fa = 20,25  
 $81 - 20,25 = 15,18$   
 donc  $20,25 + 15,18 = 35,43$

LA B : diviser la corde en 8, en partant de Si<sup>b</sup>, ajouter un huitième vers l'UT.  
 lg. de Si<sup>b</sup> au chevalet  $\longrightarrow 81 - 35,43 = 45,57$   
 $lg/8 \longrightarrow 45,57/8 = 5,69$   
 $1/8$  vers l'UT  $\longrightarrow 35,43 - 5,69 = 29,74$  ...../

SOL B : en partant de LA B vers l'UT, diviser en 8, et ajouter 1/8 (texte = douteux)

$$\text{LA B vers/UT/} \longrightarrow 81 - 29,74 = 51,26$$

$$\text{Lg/8} \longrightarrow 51,26/8 = 6,41$$

$$1/8 \text{ de DO} \longrightarrow 29,74 - 6,41 = 23,33$$

Mi<sub>b</sub> : quinte sur Si<sub>b</sub>

depuis Si<sub>b</sub>, diviser lg en 2  $\longrightarrow$  ajouter 1/2  $\longrightarrow$  do

$$\text{Si}_b \longrightarrow \text{fin} = 45,57$$

$$1/2 \longrightarrow \text{de } 45,57 = 22,78$$

$$\text{Si}_b - 22,78 = 35,43 - 22,78 = 12,65$$

Ré<sub>b</sub> : quinte sur LA B

depuis LA B = div. lg en 2

ajouter 1/2  $\longrightarrow$  do

$$\text{la}_b \longrightarrow \text{fin} = 51,26$$

$$\text{lg}/2 = 51,26/2 = 25,68$$

$$\text{la}_b - 1/2 \text{ lg} = 29,74 - 25,68 = 4,06$$

C O N C L U S I O N S

- 1) Le manuscrit d'ARNAUT de ZWOLLE est le texte.
  - 1) le plus ancien concernant le clavecin proprement dit.
  - 2) le plus précis et le plus détaillé sur le sujet jusqu'à la parution de celui de Mersenne, et celui de l'Encyclopédie (très imprécis tous deux).
  - 3) il donne la plus ancienne représentation iconographique, connue à ce jour.
  - 4) il nous renseigne sur de nombreux termes utilisés par les facteurs d'instrument au XV<sup>e</sup> siècle.
  
- 2) La filiation de l'instrument est évidente :
 

adjonction d'un clavier au "micanon" descendant du "kânun" oriental (fin XIV<sup>e</sup> s.).
  
- 3) L'origine du clavecin, malgré l'avis unanime, n'est pas italienne, mais peut-être flamando-bourguignone; un véritable "produit" du mouvement scientifique à la Cour des Grands Ducs d'Occident. Ce mouvement est d'ailleurs parallèle au premier courant réaliste de la peinture flamande, dite des Primitifs, de même qu'à son influence sur la peinture italienne.
  
- 4) L'instrument a réellement existé au début du XV<sup>e</sup> siècle, ceci confirmé par l'iconographie contemporaine.
  
- 5) Le texte d'HENRY ARNAUT ne constitue pas une tentative d'invention, une vue de l'esprit, mais bel et bien un "cahier de charges" descriptif de l'instrument, parlant de détails de fabrication, de recettes de métier, et même déjà de réparations après usage. ARNAUT était non seulement un organologue, mais un savant facteur et "mécanicien", s'inscrivant déjà dans le grand courant de l'Humanisme.
  
- 6) Le propos d'HENRY ARNAUT n'est pas de décrire un instrument de musique, bien connu, mais sa partie "savante" : sa mécanique.
  
- 7) Notre travail, n'est pas un travail définitif. D'autres que nous l'amélioreront. De toute façon, il fallait faire un premier pas.
  
- 8) Les points que nous tenterons d'éclaircir :
  - A) le matériau des plectres
  - B) les épaisseurs de table et des barres
  - C) le décor extérieur, et celui des rosaces
  - D) la présence éventuelle d'un étouffoir (bien que nous pensons qu'une main ait pu toucher le clavier et l'autre étouffer les cordes).
  
- 9) Pour les musicologues, une chose devient sûre : l'instrument existe depuis la fin du XIV<sup>e</sup> siècle. Pour les musiciens, la possibilité existe désormais d'inclure dans leurs exécutions de musique du Moyen Age, ce bel instrument, aux sonorités "éclatantes comme des cymbales". D'où un nouveau terrain de recherche pour la littérature profane de clavier au XV<sup>e</sup> siècle.
  
- 10) Exprimons un rêve : celui de voir un jour réunies, les reconstitutions de tous les instruments que décrit Henry ARNAUT de ZWOLLE.

LE CLAVISIMBALUM D'ARNAUT DE ZWOLLELE PROBLEME ACOUSTIQUE

par E. LEIPP

I - INTRODUCTION

Nous avons eu l'occasion d'aborder les problèmes soulevés par la reconstitution d'instruments de musique disparus à plusieurs reprises déjà. C'était d'abord l'orgue hydraulique de l'Antiquité et l'orgue romain d'Acquincum, que le Dr PERROT nous présentait naguère (Bulletin GAM n° 15 - novembre 1965); puis la régale qu'ISOIR avait construite sur les données de DOM BEDOS (bulletin GAM n° 38; décembre 1968). A présent il s'agit du "clavisimbalum", du clavecin décrit au 15<sup>e</sup> siècle par ARNAUT DE ZWOLLE en un document remarquable, dont le texte et les croquis nous étonnent par leur précision, très inhabituelle dans les autres descriptions d'instruments de musique anciens. Peut-être devons nous cette rigueur au fait qu'ARNAUT était astronome et ingénieur. Il fabriquait lui-même des instruments d'astronomie; il avait donc des idées claires et comprenait la signification des pièces d'une machine ! En fait, le document qu'il nous a laissé et ses croquis sont suffisamment complets et précis pour qu'on puisse envisager de reconstruire l'instrument en cause sans trop d'aléas. La comparaison avec le texte de VITRUVÉ, relatif à l'orgue hydraulique de l'Antiquité est éloquente ! Cet auteur est très prolixe sur les détails extérieurs de l'instrument, dont l'importance fonctionnelle est parfois nulle; mais il oublie de nous décrire certaines pièces maîtresse de la "mécanique" dont il n'a pas compris le rôle fonctionnel, qu'il n'a peut-être même pas vues. Il est vrai qu'on a perdu ses croquis, qui auraient peut être levé bien des doutes ou des ambiguïtés.

Reconstruire un instrument disparu est de toutes façons une tâche périlleuse, même si les documents sont de qualité. Lorsque le travail est réalisé par des professionnels de la facture, les choses s'arrangent souvent mieux, car ceux-ci comprennent beaucoup de points technologiques restés obscurs et qui ont de soi pour un spécialiste. En effet les solutions pratiques, les tours de main pour traiter les matériaux n'ont guère varié depuis l'Antiquité, surtout lorsqu'il s'agit d'artisanat, où l'on utilise depuis toujours les mêmes outils très simples. Les choses seraient certes plus simples si les documents venaient d'hommes du métier, mais les facteurs d'instruments n'ont pour ainsi dire jamais écrit sur leur art : le cas de DOM BEDOS et de TOLBECQUE est rarissime.

Bref, les problèmes posés par la reconstitution sont nombreux et difficiles et justifient une réunion spéciale du GAM. Nous nous en tiendrons aujourd'hui à quelques considérations acoustiques relatives au clavisimbalum que nous avons eu la chance de pouvoir étudier de près grâce à l'amabilité des constructeurs.

II - LE PROBLEME ACOUSTIQUE1°) GENERALITES :

On sait que, d'une façon très générale, un instrument de musique est toujours constitué de deux parties distinctes : un système excitateur et un "corps sonore". Ici, le système excitateur est l'ensemble touche-sautereau-corde, l'énergie étant fournie par les muscles des mains et des bras. Le "corps sonore" est une "caisse" de forme similaire à celle du clavecin classique ou de l'épinette, et comportant

une table mince portant des barres. Du point de vue du rendement acoustique, timbre en particulier, le système excitateur est de loin le plus important. Si on tendait sur la caisse du clavisimbalum 4 cordes de contrebasse et qu'on les frotte avec un archet, on aurait une contrebasse à corde et non un clavecin !

Le système excitateur est ici, la corde pincée. On trouve les aspects théoriques de la corde pincée dans de nombreux manuels, Bouasse en particulier. On y pose généralement un certain nombre de conditions au départ : plectre infiniment mince; cordes sans rigidité, avec des points de fixation rigides, etc.. On nous dit en substance que lorsqu'on attaque une corde avec un plectre en un point correspondant à une division aliquote de celle-ci, on supprime l'harmonique considéré. Ainsi, en pinçant au  $1/7^o$  de la longueur on éliminerait l'harmonique 7; en pinçant au  $1/9^o$ , ce serait l'harmonique 9 qui disparaîtrait etc... Lorsqu'on procède à des analyses acoustiques des sons rayonnés par l'instrument, on vérifie que les choses ne sont pas aussi simples, et cela parce que les conditions réelles sont souvent difficiles voire impossibles à poser. Voyons à présent comment se posent les problèmes pratiques que l'on doit résoudre ici, à commencer par le système excitateur.

## 2°) LE SYSTEME EXCITATEUR DU CLAVISIMBALUM.

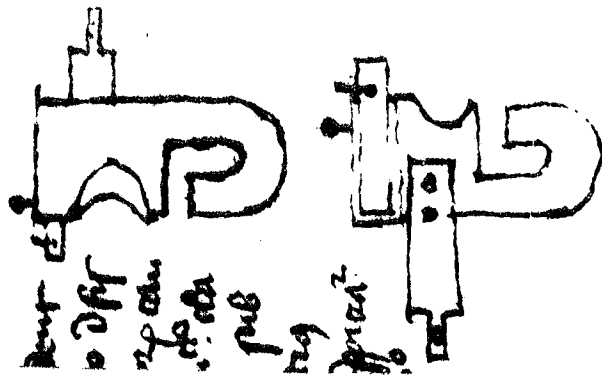
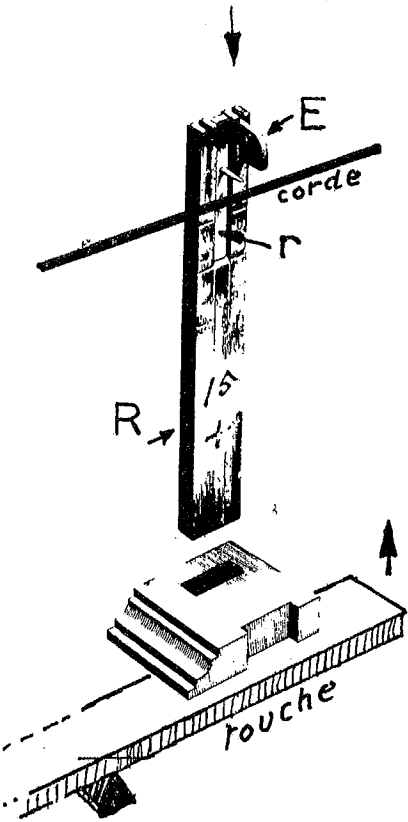
Pincer une corde au moyen d'une mécanique à touches n'est pas un problème difficile. Il suffit d'un plectre plus ou moins souple (plume de corbeau, fil de laiton ou d'acier etc..). En enfongant la touche, le plectre attrape la corde, la pince en "échappant" : le but serait atteint si lorsqu'on abandonne la touche, le plectre ne pinçait pas une deuxième fois la corde lors du retour ! Tout le problème consiste à éviter ce deuxième pincement, et c'est ce qui a conduit à l'invention du "sautereau".

Décrivons sommairement pour commencer le sautereau de clavecin classique et son principe de fonctionnement (fig.1); on comprendra mieux ensuite le sautereau décrit par ARNAUT.

Une réglette R coulisse dans une mortaise M ; elle "saute" de bas en haut lorsqu'on frappe sur la touche, dont l'extrémité se trouve sous la mortaise. Sur la figure, le sautereau vient de sauter..., en passant il a bien pincé la corde et le but est atteint. Mais pour éviter un deuxième pincement au retour, on a disposé le plectre sur une autre petite réglette qui ne peut basculer que d'avant en arrière seulement. Cette réglette basculant doit vaincre la résistance d'un faible ressort (soie de sanglier ou ressort métallique). Lors du retour, le plectre va donc commencer par toucher la corde légèrement, puis "échapper" grâce au basculement de la réglette. Pendant ce mouvement, la corde est encore pincée, mais si légèrement que le son produit reste très faible, inaudible si le ressort de rappel de la réglette basculante est assez faible. Dernière phase du retour de la touche : une petite plaquette de feutre, l'étouffoir, vient se poser délicatement sur la corde et en arrêter la vibration - ou du moins la freiner plus ou moins fortement, selon le poids du sautereau. L'opération est terminée : on a produit une note et la touche est de nouveau prête pour donner un deuxième son.

Aussi évident que nous semble cette mécanique, il n'en a pas moins fallu des siècles pour la mettre au point, et du temps d'ARNAUT DE ZWOLLE on en était encore aux tâtonnements. ARNAUT nous propose deux types de sautereaux. Il nous dit d'ailleurs que le deuxième modèle, celui qu'ont réalisé M. M. KAUFFMANN, est le meilleur. Le troisième "sautereau" n'en est pas un, en fait. Il s'agit d'une touche sur laquelle est adaptée une petite réglette, articulée par une charnière de cuir sans doute, et portant à son extrémité une masselote ou peut-être un fil de fer recourbé en crampon qui joue ce rôle. Lorsqu'on frappe la touche, la petite réglette est emportée par son élan, et vient frapper la corde. Le clavisimbalum est alors un instrument à cordes frappées dont la mécanique est similaire à celle de certains petits pianos-jouets pour enfants. Ici, le son est évidemment d'autant plus fort que l'on frappe la touche avec une vitesse plus grande. Le fonctionnement de ce "marteau" n'était sûrement correct que si l'on ne répétait pas trop rapidement la même note...

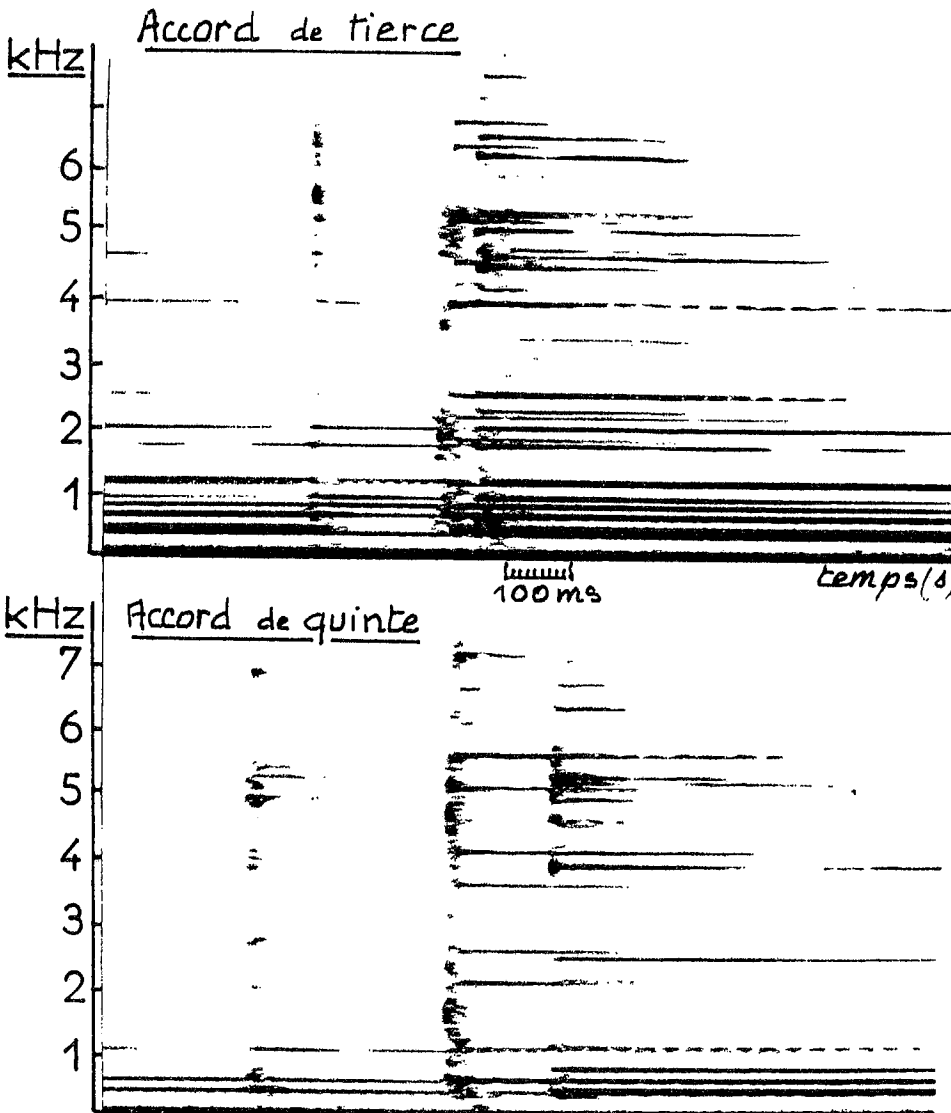
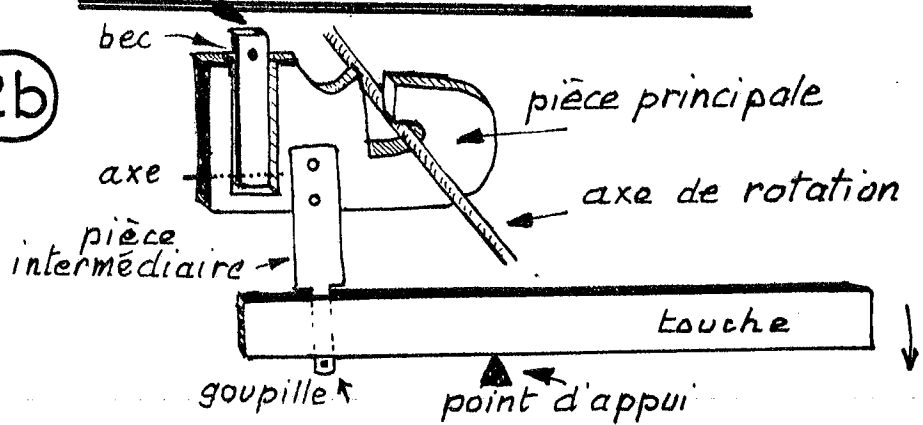
① sautereau classique.



②a) le sautereau d'ARNAUT  
et son fonctionnement

règlette basculante corde

②b)



③ SONAGRAMMES

Successivement on donne deux notes isolées, puis en accord arpégé. On note des battements entre partiels communs.

④ NOMBRE d'OR

A B C

$$\frac{AC}{AB} = \frac{AB}{BC} = 1,618...$$



Voyons de plus près le sautereau réalisé par M. M. KAUFMANN. Signalons tout de suite l'absence d'étouffoir ici : les notes frappées continuent donc à sonner, comme dans un piano dont on enfonce la pédale "forte". Cela n'était guère gênant à l'époque, sans doute. On ne cherchait pas, en ces temps anciens, comme de nos jours, à faire le plus grand nombre de notes possibles par seconde ! La virtuosité se limitait très probablement au jeu sur les nuances de timbre, d'intensité et de tempo, le "toucher" laissant un champ de liberté notable. Il n'est d'ailleurs pas impossible, comme le suggérait M. KAUFMANN, que le musicien ait pu, de temps à autre et selon les besoins, étouffer les sons en appliquant tout simplement une main sur les cordes, l'instrument étant petit et les cordes facilement accessibles.

Considérons le sautereau d'ARNAUT de plus près (fig.2). On y retrouve la petite réglette porte-plectre, maintenue par un petit ressort et susceptible de basculer, vers l'arrière seulement, autour d'un petit axe en laiton. Cette petite réglette porte-plectre était disposée dans une mortaise ménagée dans la pièce principale; le petit ressort était logé entre la réglette et le fond de la mortaise.

La pièce principale est fixée sur la touche par une pièce intermédiaire grâce à une goupille. Le sautereau est finalement un bloc unique comportant : touche, pièce intermédiaire et pièce principale. Si on appuie sur la touche, tout le système monte; on pince la corde. Si on relâche la touche, le plectre échappe, comme dans le sautereau classique. Cependant, étant donné la petitesse des pièces et la raideur consécutive de l'articulation, le "pincement au retour" est très nettement perceptible ....

Considéré du point de vue mécanique, ce système n'est évidemment pas très orthodoxe... En effet, étant donné la disposition de l'ensemble, le plectre décrit non une ligne droite comme dans le sautereau classique, mais un arc de cercle. Si on avait fait passer l'axe de rotation du sautereau dans un trou rond (au lieu de l'évidement en forme d'U couché), et si le point d'appui de la touche avait été fixe, le système n'aurait visiblement pas pu fonctionner.... En fait, lorsqu'on enfonce la touche, celle-ci glisse plus ou moins sur le point d'appui; il y a simultanément rotation et translation. La même chose se produit sur l'axe de rotation qui tourne et glisse dans l'évidement en U de la pièce principale. Finalement c'est une mécanique assez "boiteuse", qui marche parce qu'il y a du jeu au point d'appui et à l'axe de rotation. Ceci implique des frottements importants, difficiles à réduire : le sautereau classique est fonctionnellement plus efficace. Le jeu du clavisimbalum est nécessairement plus dur et les possibilités de répétition des notes nettement plus faibles que dans le clavecin classique.

Le rayonnement acoustique est intéressant à étudier au sonographe (fig.3) ! On a joué ici deux accords : en haut, un accord de tierce; en bas un accord de quinte. Nous avons demandé à M. KAUFMANN de jouer d'abord l'une après l'autre les deux notes composant l'accord, puis de plaquer celui-ci en arpégeant légèrement. Le sonogramme du haut montre ainsi très nettement la première note (a) avec ses partiels quasi-harmoniques; puis, au moment où l'on relâche la touche de cette note apparaît le "bruit d'échappement" du plectre sur la corde. Ensuite vient la deuxième note; enfin les deux notes arpégées avec leur bruit d'attaque (hachure verticale) légèrement décalées. On observe des battements sur certains partiels. Ces battements viennent des interférences entre partiels communs aux deux sons (le partiel 4 de l'une des notes coïncide avec le partiel 5 de l'autre; de même pour le partiel 8 avec le partiel 10, etc.. Comme l'accord n'est pas fait en tierce de ZARLIN, les battements existent nécessairement. On peut même en compter le nombre, ce qui permet de préciser comment l'instrument a été accordé du point de vue des tierces.

On retrouve les mêmes observations avec l'accord de quinte. Ici, bien entendu, les partiels communs sont 3 et 2; 6 et 4 etc... Si l'accord avait été réalisé en quintes justes, il n'y aurait pas de battements sur certains partiels... Ces sonogrammes montrent bien l'allure particulière des sons du clavisimbalum : bruit du retour du plectre, notes qui sonnent longtemps (absence d'étouffoir) après le retour de la touche et qui se "prolongent" dans la note suivante etc.. Les partiels sont nombreux; il s'agit de sons riches. Ces "images" sonographiques, correspondent bien aux

...../

images sonores que nous percevons. La différence avec les sons des autres instruments que nous avons étudiés apparaît clairement : les sons du clavisimbalum sont originaux et reconnaissables entre tous. Ils se différencient même de ceux du clavecin ordinaire dans la mesure où les "bruits du retour de plectre" sont plus importants et aussi à cause de cette prolongation, de cette espèce de réverbération des sons les uns dans les autres.

Il convient de dire quelques mots du plectre, dont la raideur détermine largement le bruit de retour et aussi la richesse en partiels et l'intensité du son. Cette raideur est évidemment fonction de la nature et des dimensions du plectre. Dans le clavecin classique on mettait des plumes de corbeau taillées convenablement. Ici il semble que l'on ait mis du fil de laiton ou d'acier, préalablement aplati au marteau. L'instrument de M. M. KAUFMANN avait certaines pointes en laiton, d'autres en acier et on observait de légères différences de timbre et d'intensité. Plus un plectre est mou, plus le son est plus "arrondi" moelleux. Avec un plectre en métal, il est plus agressif, plus mordant. Sans doute chacun choisissait-il à son goût, car du temps d'ARNAUT DE ZWOLLE les instruments n'étaient pas normalisés comme de nos jours !

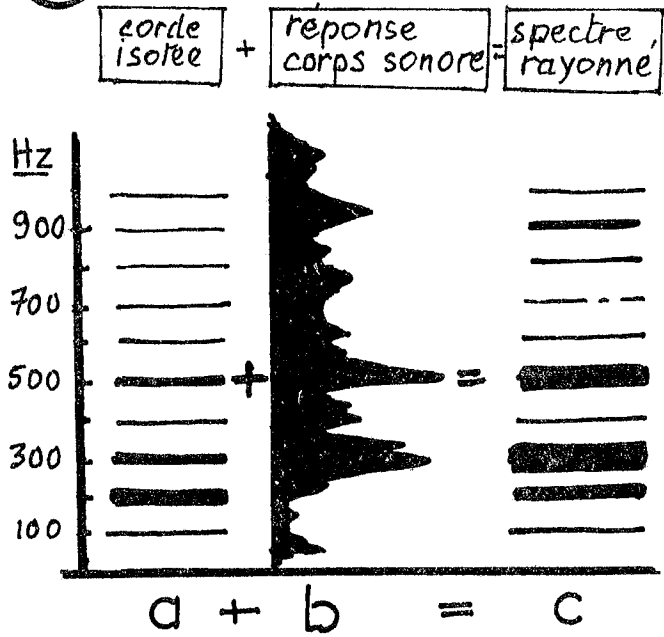
En ce qui concerne l'accord de l'instrument, on possède de nombreux écrits théoriques sur les gammes et les échelles depuis le Moyen Age. Mais ce qu'on ne sait absolument pas, c'est comment les joueurs de clavisimbalum accordaient effectivement leurs instruments. La musique était alors de structure simple, en général, et on ne modulait pas. Il est donc assez probable que l'on cherchait généralement à réaliser des accords consonants; la "gamme naturelle" pouvait dès lors être un idéal accessible puisqu'on accorde sans battement. Il est à peu près certain que le musicien accordait lui-même son instrument et alors on ne peut rien conclure de sûr, car entre la théorie des gammes et l'accordage réel des instruments à clavier, il y a eu de tout temps, et maintenant encore, des différences parfois considérables.

Après ces détails sur le "système excitateur" du clavisimbalum sur son rayonnement acoustique et son "accord", voyons à présent la signification du corps sonore .

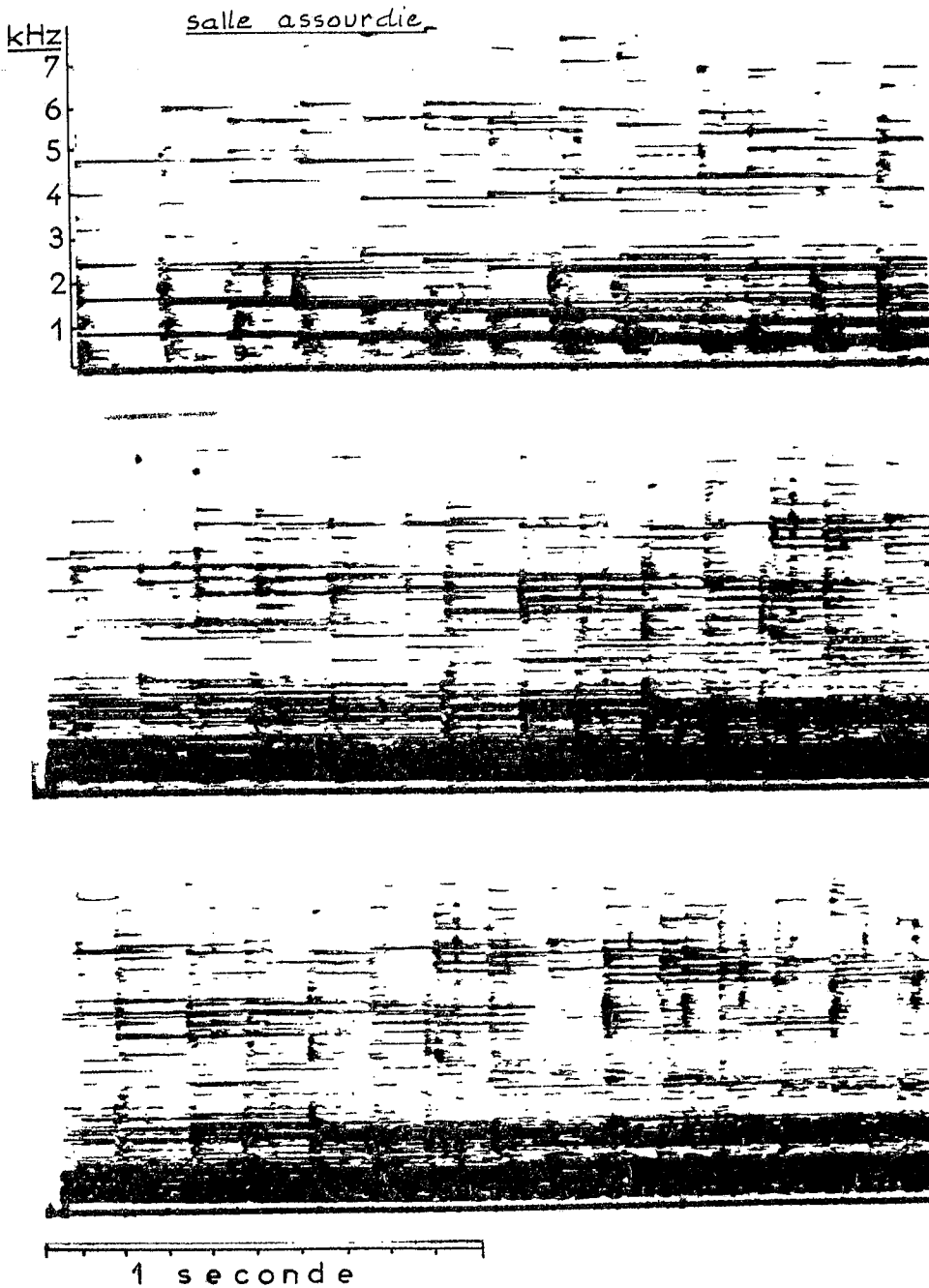
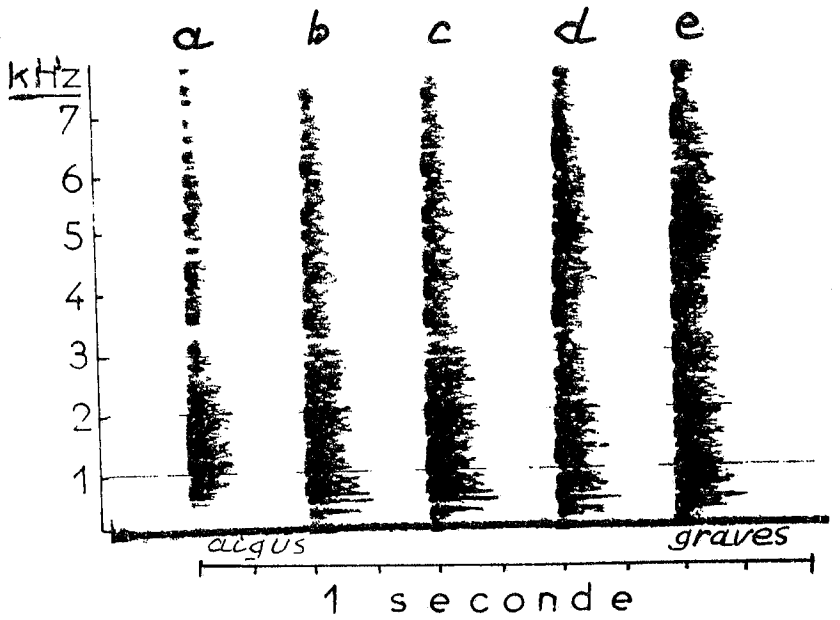
### 3°) LE CORPS SONORE DU CLAVISIMBALUM.

Le croquis aidant beaucoup, la caisse du clavisimbalum est bien décrite par ARNAUT. On en connaît les dimensions absolues précises, à très peu près, comme M. KAUFMANN l'a montré. On en connaît surtout les proportions ! Voici un point qui nous a étonné : la longueur de la caisse est de 13 parties, la largeur de 8 parties; l'instrument s'inscrit donc dans un "rectangle d'or" (rectangle dont le rapport des dimensions est égal à  $1,618\dots$ ). Rappelons que le "nombre d'or" a préoccupé beaucoup d'esthéticiens des temps passés, entre l'Antiquité, la Renaissance et nous.... Il n'est pas douteux que beaucoup d'architectes et d'artistes ont utilisé le nombre d'or et ses dérivés de façon systématique pour tracer leurs plans, dessiner les linéaments découpant les surfaces qu'ils avaient à orner etc... L'idée maîtresse est que nos sens ne savent apprécier que des rapports. La matérialisation la plus simple est la division d'un segment de droite de façon rationnelle de ce point de vue. Diviser un segment dans le rapport du nombre d'or, c'est le découper de telle manière qu'entre la longueur totale et le grand segment il y ait le même rapport qu'entre le grand segment et le petit (fig.4). Des procédés géométriques de traçage (pentagone régulier en particulier) permettaient de définir ainsi des séries de segments ayant tous entre eux le même rapport caractéristique. Ainsi un "tout" construit à partir d'une combinaison de ces segments est-il lié aux parties par une seule et unique règle, qui relie d'ailleurs aussi les parties entre elles. On obtient ainsi une unité dans la multiplicité, une cohérence "organique" dans une oeuvre. Nous avons déjà étudié naguère de ce point de vue la figure du luth donnée par le même ARNAUT DE ZWOLLE (LE VIOLON, chez HERMANN 1965). On retrouve avec le clavisimbalum, le même problème. On vérifiera que toutes les dimensions sont commensurables : le tout fait 13 parties, le petit côté de la caisse en fait 4, la grande rose a 2 parties de diamètre etc... Les luthiers, comme les architectes et peintres de l'époque, ont certainement utilisé des procédés de traçage de ce genre, où ce n'est pas la dimension qui compte, mais les proportions entre les

5



6



7

## SPECTRO- GRAPHIE générale.

Toutes les notes sont jouées en succession rapide de l'aigu au grave.

diverses parties. Que de tels procédés aient eu des incidences indirectes sur l'acoustique des instruments ne me semble pas douteux; il reste tout un travail de recherche passionnant à faire sur ce point. Selon toutes probabilités, ces méthodes de traçage faisaient partie des secrets transmis par tradition parmi les architectes et artisans. Quoiqu'il en soit, venons-en à notre sujet : l'acoustique du "corps sonore" de l'instrument qui est en cause ici.

Une corde de musique possède un certain "timbre" particulier, variable selon ses dimensions (longueur et diamètre), la tension à laquelle elle est soumise, la masse linéique (poids par unité de longueur), la masse volumique (densité), le module élastique et le module de torsion. On sait par ailleurs que selon le mode d'attaque de la corde (frottée, pincée, frappée) ce timbre variait encore. Bref, une corde isolée, excitée d'une certaine façon, donne un certain "spectre". Prenons un cas simplifié (fig. 5a). Ici, par exemple, le fondamental est faible; l'harmonique 2 intense, le trois un peu plus faible etc...

Prenons à présent un "corps sonore" défini, une boîte en bois de forme et de dimensions quelconques, et tendons cette corde dessus. On vérifie que son timbre change. La même corde changera encore de spectre si on la tend sur une autre "boîte". La raison de ces changements est fort simple, et nous avons montré, il y a bien longtemps déjà, par quel mécanisme la caisse agit sur la sonorité.

Prenons les deux boîtes précédentes et frappons dessus avec une batte. On produit ainsi chaque fois un bruit, qui diffère d'autant plus que les deux caisses sont de matériaux de structure et de dimensions différents. Analysons le bruit donné par l'une des caisses (fig. 5b) : nous aurons la "réponse" de la caisse considérée. Cette réponse comporte des régions fréquentielles préférentielles; on observe des "pointes de résonance", par exemple à 300 et à 500 Hz, ainsi que des "trous", des anti-résonances.

Si nous couplons corde et caisse, nous "additionnons" le spectre de la corde et celui de la caisse (fig. 5c). Prenons le cas de la corde accordée à 100 Hz et ayant un certain nombre de composantes quasi harmoniques. On vérifie aisément que le fondamental tombe devant un "trou" de la "réponse"; il ne sera donc pas amplifié par résonance. Par contre les harmoniques 3, 5 etc. tombent devant des pointes de résonance : ils seront fortement "amplifiés", grossis. Le partiel 6, correspondant à un trou sera évanescant ! Autrement dit, le timbre de la corde sur la caisse sera très différent de celui de la corde isolée. C'est là, simplifié, tout le mécanisme de la génération du timbre des instruments à cordes en particulier.

Frappons donc en divers points du chevalet du clavisimbalum et relevons le spectre des chocs au sonographe; nous obtenons la réponse aux divers points où les diverses cordes excitent la caisse (fig 6 a b c d e). En raison de la structure de la caisse, des barrages etc..., il est bien évident que ces "réponses" seront différentes : il y a beaucoup moins de "grave" (en dessous de 1000 Hz) du côté des cordes aiguës que du côté des cordes graves. Bref, le facteur s'est visiblement arrangé pour ne pas avoir la même réponse partout. A juste titre : il évite ainsi la monotonie du timbre, favorise ici le grave, là l'aigu. L'important est que chaque note jouée sur l'instrument ait une allure similaire aux autres, un air de famille. Dans ces conditions, la musique est intéressante à écouter, infiniment plus que si tous les sons étaient strictement de même forme (cas de beaucoup d'orgues électroniques). Dans les instruments de musique traditionnels, le clavisimbalum en particulier, le résultat est atteint. Pour s'en convaincre regardons les sonagrammes de l'ensemble des notes de l'instrument, joués les unes après les autres (fig. 7). On retrouve bien sur cette "image" les signes caractéristiques des sons du clavisimbalum (bruits de retour des becs, hachures verticales des attaques des sons etc... chacun des spectres ayant ses traits personnels. On notera aussi des régions fréquentielles très foncées, des régions "formantiques", particulièrement visibles dans le grave. Ces "formants" traduisent des particularités de lutherie de la caisse. Le facteur pourrait aisément déplacer ces formants en cas de besoin : s'il fait une table beaucoup plus mince, tel formant glissera vers le bas; s'il met des barres très fortes, tel autre glissera vers le haut, etc...

C'est tout l'art du luthier.

Comme ARNAUT DE ZWOLLE ne donne pas d'indications précises sur les propriétés des bois de son instrument, ni sur les dimensions des barres, ou les épaisseurs des tables, on ne saura jamais, évidemment, si l'instrument ayant servi de modèle à ARNAUT avait des "bandes formantiques" identiques à celle du modèle reconstruit par M.M. KAUFMANN; mais les marges sont relativement faibles et il est très probable qu'on ne soit pas très loin du modèle.... De toutes façons, cela ne changerait que la couleur du timbre : plus clair, plus aigu... sans changer beaucoup l'allure globale des sons musicaux donnés par le clavisimbalum, qui dépend surtout, répétons-le, du système excitateur. Cette allure est très originale : on ne confondra pas le sonagramme de musique jouée au clavisimbalum avec celui du même morceau joué par un violon, une flûte, un piano, pas plus qu'on ne confond ces musiques à l'audition ! (fig. 8).

Attirons l'attention sur le rôle de la salle. Le clavisimbalum en l'absence d'étouffoirs, a tendance, par nature, à entremêler les notes les unes aux autres. Dans une salle "sèche", assourdie, l'image est cependant très nette et on sépare facilement les diverses notes. Dans une salle un peu réverbérante, tout s'enveloppe dans un certain flou, un certain halo (fig.9). Mais... on sait que le flou est une condition importante en perception esthétique. En vision comme en audition, les phénomènes trop nets sont généralement considérés comme peu artistiques. Nous pensons que la raison en est à rechercher dans le fait que ce n'est pas le son lui-même qui est important, mais ce que nous projetons dessus, c'est-à-dire une certaine "image" idéale, que nous avons dans notre mémoire. Il est bien évident que lors de la projection de cet idéal sur une forme floue, tout s'harmonise bien. Avec des formes nettes, on remarquerait sans doute des interférences... Il reste toute une théorie esthétique à élaborer de ce point de vue, sur laquelle nous reviendrons sûrement plus tard.

Pour le moment l'important était de mettre en lumière la signification acoustique de l'instrument. Disons encore quelques mots sur sa signification musicale.

#### 4°) SIGNIFICATION MUSICALE DU CLAVISIMBALUM.

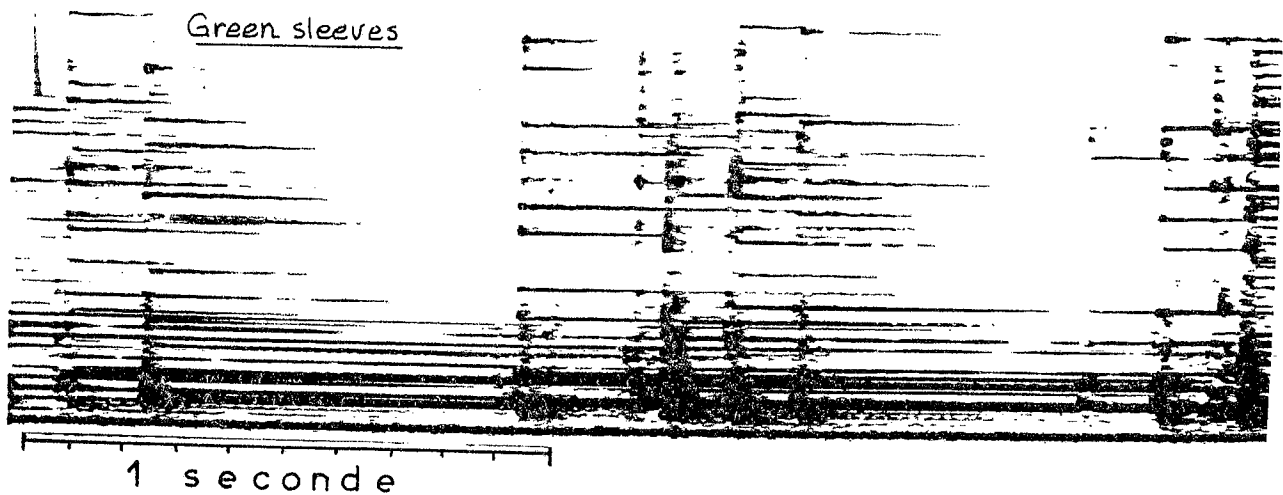
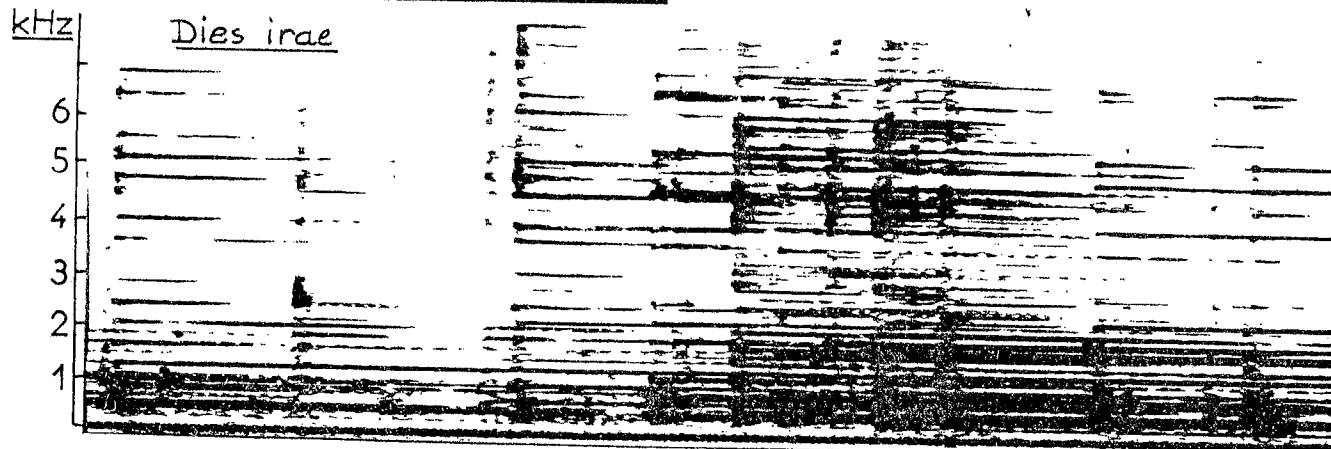
Il nous est bien impossible de savoir quel jugement musical les auditeurs du 15<sup>e</sup> siècle portaient sur cet instrument. Ils étaient certes moins blasés que nous et moins difficiles. Ils étaient aussi conditionnés autrement. Nous serions probablement déçus si nous entendions réellement comme on jouait de cet instrument à l'époque nous n'avons pas du tout en mémoire les références (appriees dans l'environnement sociologique d'alors) qui déterminaient les jugements musicaux de nos ancêtres. D'autre part, l'instrument n'a guère que 3 octaves : ceci nous semble bien insuffisant actuellement, lorsqu'il s'agit d'un instrument à touches, où le nombre de notes disponibles doit être assez grand pour que les musiciens actuels s'y intéressent ! De plus, du fait de la mécanique imparfaite du clavisimbalum, le jeu ne pouvait guère être rapide. Bref, le jeu en solo est sans doute assez rapidement lassant pour nous.

Mais rien n'empêche d'ajouter la voix humaine, un cornet à bouquin, une viole.. Nous regrettons de ne pas avoir pu en faire l'expérience. Il est bien probable que dans le jeu d'ensemble l'instrument deviennent extrêmement intéressant. Il faudrait d'ailleurs avoir exactement comment on en jouait. La technique d'un instrument à touches, les ornements etc... nous sont pratiquement inconnus et les méthodes qu'on peut consulter éventuellement sont bien insuffisantes de ce point de vue. Par ailleurs il est certes ridicule de vouloir jouer les "notes" inscrites sur certaines partitions de l'époque, qui ne représentaient qu'une schématisation fortement codée de la réalité musicale. En tout cas, il y a fort à parier que nos ancêtres savaient tirer de cet instrument de quoi agrémenter leurs loisirs musicaux... et le petit concert que nous a donné Christiane WOEITS a probablement convaincu tout le monde.

...../

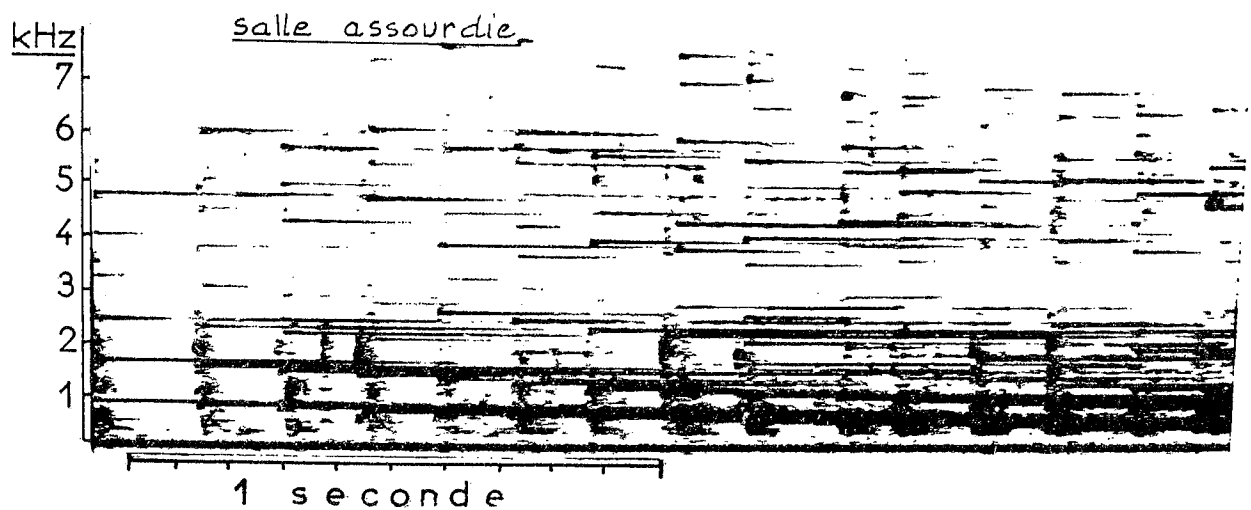
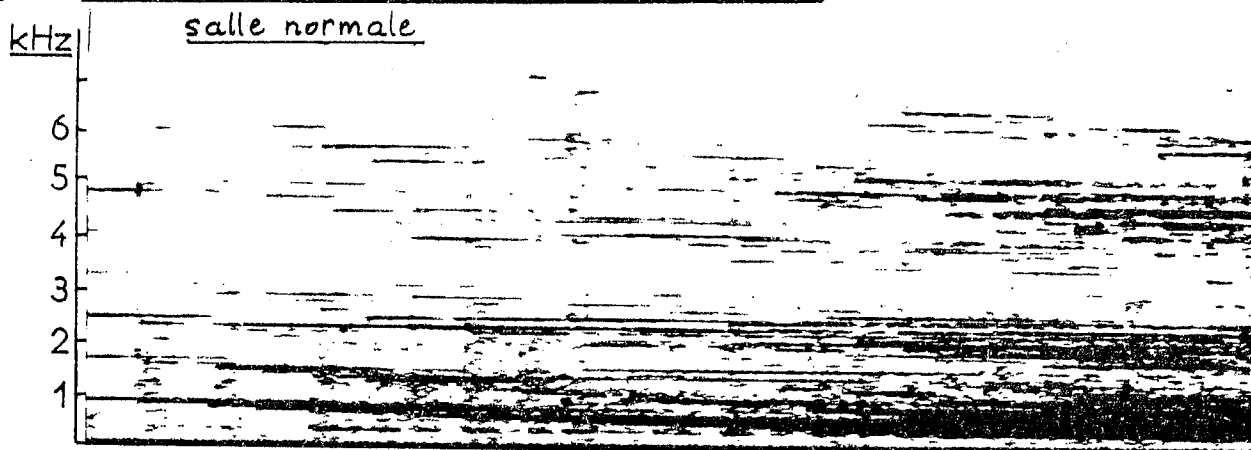
⑧

# JEU NORMAL



⑨

# RÔLE de la SALLE



III - CONCLUSIONS GENERALES

Nous avons eu la chance de pouvoir étudier un instrument du 15<sup>e</sup> siècle reconstitué par des facteurs intelligents et passionnés. Nous savons que les documents ayant servi pour reconstituer cet instrument étaient suffisants : le clavisimbalum de M.M. KAUFMANN ne s'écarte sûrement pas beaucoup de celui qui servit de modèle à ARNAUT DE ZWOLLE. On ne peut pas en dire autant de nombre d'autres reconstitutions d'instruments disparus, faites en particulier depuis le début du siècle dernier, ou FETIS tenta de ressusciter instruments et musiques anciens. Nous pensons à une réunion du GAM sur l'ensemble des problèmes posés. A ce moment là, nous nous rappellerons cependant sûrement du clavisimbalum d'ARNAUT DE ZWOLLE reconstitué par M.M. KAUFMANN, comme d'une exception d'intérêt tout particulier !