

Présentation du cours de "justesses et tempéraments"

Philippe Allain-Dupré

J'ai été chargé en 1995 d'un « Cours de justesses et tempéraments » par Monsieur Bleuse au C.R.R. de Toulouse. Ce cours a été supprimé en 2015 par Messieurs Jean Dekyndt et Gilles Colliard, qui ne voyaient pas l'intérêt de savoir si un bémol était plus haut, égal ou plus bas que son dièse enharmonique. Bien qu'étudiant les différents aspects de la justesse dans l'histoire, ainsi que l'évolution des tempéraments pour claviers, il ne s'adresse pas aux seuls étudiants en musique ancienne, mais à tous les musiciens curieux et dotés d'un bagage suffisant en histoire de la musique et en analyse.

"La question de l'intonation juste est sans réponse" (N. Harnoncourt, Le discours musical, Paris, Gallimard, 1984, p.80)

"Il apparaît dans la pratique que la musique des 16ème et 17ème siècle ne peut être exécutée de manière adéquate que dans un tempérament à tierces pures. Lorsqu'on travaille seulement avec des chanteurs ou des cordes, il n'est pas nécessaire d'employer toutes les caractéristiques de l'accord mésotonique, destiné aux instruments à clavier." (Idem p.89)

La théorie vient après la pratique. Elle est un effort des techniciens pour expliquer logiquement ce que les musiciens font par tradition et par instinct. Les changements dans la théorie reflètent les connaissances en acoustique et en physique d'une époque et le fait que les théories changent n'implique pas nécessairement que la musique change également. (Inde du nord par Alain Danielou, Buchet-Chastel)

Il semble bien inutile de s'attarder au jeu mathématique des gammes. Cependant, il faut bien adopter une gamme théorique pour accorder des instruments à sons fixes ; (E. Leipp, Acoustique et musique, p. 144)

- Cours N°1 p3 Notions de hauteur absolue, définition du Hz.
Phénomène des battements
Histoire du diapason au cours des 16-17-18^{ème} siècles,
- Cours n° 2 p5 Notions de physique acoustique, la série des harmoniques
Hauteur relative, mesure des intervalles par rapports de fréquences ou par cent,
maniement de l'accordeur électronique.
Définition des 3 sortes de commas et du cent, unité de mesure d'intervalles.
- Cours n° 3 p7 Introduction historique aux problèmes de justesse.
Découverte de systèmes de justesse mélodique élaborés : les maqams arabes,
les ragas indiens.
- Cours n°4 p10 La quinte pure, tempérament pythagoricien
Musique médiévale et teneurs, accord des instruments à frettes selon Ganassi
ou Agricola.
- Cours n°5 p14 La tierce pure, tempérament mésotonique
Musique Renaissance et polyphonie à 4 voix, la tierce picarde.
Justesse de la flûte traversière, du violon, différences enharmoniques
Les doubles feintes sur les claviers anciens.
- Cours n°6 p17 La gamme naturelle des physiciens ou gamme de Zarlino. « Intonation pure ou
intonation juste » à la Renaissance. Idéal ou utopie ?
Esquisse d'un modèle fondé sur la théorie de Zarlino, *Istitutioni Harmoniche*
- Cours n°7 p18 Les compromis des tempéraments 18^{èmes} français et allemands et les limites
imposées par les instruments à clavier.
La découverte de la spirale de Bach en page titre du clavecin bien tempéré.
- Cours n°8 p23 Le tempérament égal, une solution pour l'orchestre ?
Justesse d'ensemble sans claviers. Division de l'octave en 55 parties selon
Telemann, Quantz, Marpurg, Rameau, Leblanc.

Philippe Allain-Dupré

Acoustique et Musique, E Leipp.

Masson 1980

LES INSTRUMENTS A VENT Période et fréquence d'un tuyau

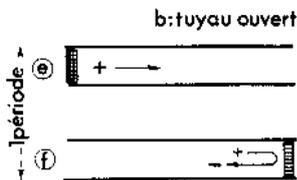


FIG. 90. - Cheminement d'une compression dans un tuyau ouvert. Sur un obstacle solide (fond), l'onde se réfléchit sans changer de signe : si elle était une compression, elle reste une compression après réflexion. Sur une extrémité ouverte, l'onde se réfléchit avec changement de signe (elle devient dépression dans le cas considéré). Pour accomplir un cycle complet avec un tuyau ouvert, elle ne fait que deux trajets : on comprend pourquoi le tuyau fermé sonne à l'octave grave d'un tuyau ouvert de même longueur.

La compression se propage vers le fond avec une célérité de 340 m/s

Pour les tuyaux ouverts (fig. 90, b), l'onde +, à l'aller, va tout de suite se trouver en face d'un trou, en arrivant au bout opposé du tuyau. Elle se réfléchira donc *avec changement de signe* et reviendra vers l'origine. Mais comme il existe également un trou ici, elle va encore se réfléchir avec changement de signe et redeviendra onde +.

Elle repartira donc comme compression (+) : le cycle est complet après deux trajets seulement. La période est alors $T = 2L / V$ et la fréquence : $f = V / 2L$ se mesure en Hz

C'est la loi de Bernoulli pour les tuyaux ouverts aux deux bouts.

Ces lois nous permettent de calculer la « hauteur » du son donné par un tuyau. Prenons, par exemple, un bourdon de 0,325 m (un « pied de roi »). On a, $4L = 0,325 \times 4 = 1,3$ m; $f = 340 : 1,3 = 261$ Hz = ut³'

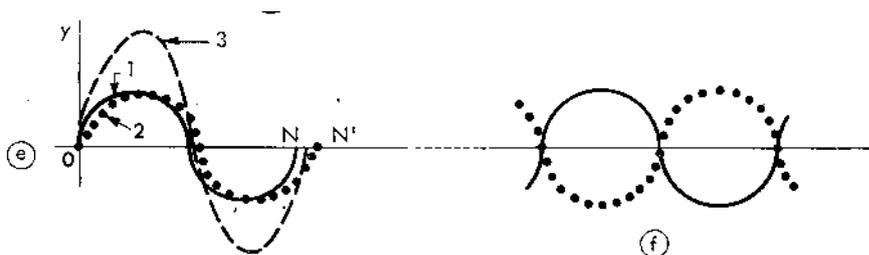
Pour un tuyau de même longueur ouvert aux deux bouts, on aura, $L = 340 : 0,65 = 523$ Hz (Ut⁴)'

Précisons tout de suite que les valeurs obtenues par ces formules sont théoriques. En pratique, dès que l'on excite un tuyau en soufflant à l'une de ses extrémités par un procédé quelconque, il se produit des phénomènes très compliqués et l'expérience montre que les mesures et les calculs ne concordent pas rigoureusement. Ainsi, dans la réalité, on vérifie que la fréquence fondamentale d'un tuyau d'orgue ouvert, à bouche, est toujours beaucoup plus basse que la fréquence calculée (une tierce mineure souvent). C'est évident : la bouche a une surface nettement plus faible que la section du tuyau, ce qui en fait un tuyau semi-bouché. D'autre part, le diamètre du tuyau intervient et ceci a conduit certains physiciens et facteurs d'instruments à chercher des formules de correction qui font intervenir cette variable. On parle alors de « *correction aux bouts* ».

Mais dans un tuyau fermé, l'onde « percute » 4 fois un bout pour un cycle ; dans le tuyau ouvert, elle ne le fait que 2 fois. La correction totale ne peut donc pas être la même dans les deux cas et, à diamètre égal, le tuyau ouvert ne peut sonner exactement à l'octave du tuyau fermé. En fait, toutes les formules proposées sont très empiriques et ne sont valables que pour des cas particuliers. Elles n'ont même aucun sens dans les tuyaux à anche où c'est l'anche qui impose sa fréquence propre au tuyau comme on le verra plus loin.

On retiendra en passant que les lois de Bernoulli restent valables (théoriquement...) pour les tuyaux coniques.

Phénomène des battements



e) Addition de deux sinusoïdes (1 et 2) de fréquences très voisines (fig. e), qui n'entrent donc pas dans la série de Fourier, mais qui débutent en phase. - Il se produit à la fin de la période un petit décalage NN'. La somme des deux mouvements (3) donne une amplitude presque double de (1) et de (2). Mais la sinusoïde suivante du mouvement (2) partant en avance sur l'autre, le décalage s'agrandira un peu plus à chaque période. Après un certain nombre de périodes, de décalages cumulés, les deux mouvements seront pratiquement en opposition de phase (fig. f) et s'annuleront : l'intensité du son résultant sera alors nulle. Bref, au début de l'opération, le son total sera le plus intense, puis il ira en décroissant jusqu'à l'opposition de phase, à partir de quel point, il croîtra de nouveau, etc. C'est le phénomène bien connu des battements.

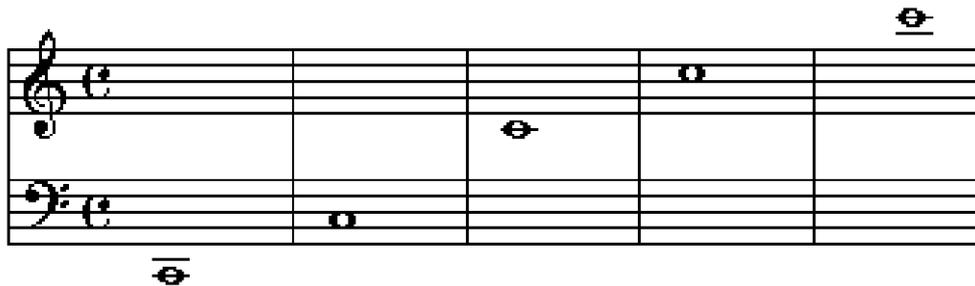
Les battements vont se reproduire à intervalles réguliers : ils sont périodiques. Si on représente la courbe résultante (1 + 2), on vérifie, pour un système amorti, que les battements conservent la même période (fig. 10, g).

La fréquence des battements est facile à calculer. Il suffit de faire la différence entre les fréquences des deux mouvements élémentaires. Ainsi, pour deux sons de 440 et 441 Hz, on entendra 1 battement par seconde : on perçoit effectivement des variations d'intensité 1 fois par seconde.

Célérité du son :

- Pour l'air. 330 m/s à 0° C ; 337 m/s à 10° C ; 343 m/s à 15° C ; 349 m/s à 30° C.
- 10°C correspondent environ à 7. Hz
- Pour le verre. 540 m/s ; le plomb. 1 390 m/s.
- Pour le cuivre. 3 700 m/s ; l'acier.. 5 100 m/s.
- Pour le sapin. 4 500 m/s ; le noyer. 4 000 m/s.
- Pour l'eau. 1 435 m/s, etc.

Rappel des notations de hauteurs



France	do ₁	do ₂	do ₃	do ₄	do ₅
Angleterre	C	c	c'	c''	c'''
Allemagne	C	c	c ¹	c ²	c ³
U.S.A.	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆

Fréquence des demi-tons tempérés :

Sol₃ = 391.995 on dit 392 Hz (assimilé au diapason français ancien)

Sol#₃ = 415.304 on dit 415 Hz (assimilé au diapason baroque allemand-anglais)

La₃ = 440 Hz (diapason moderne)

Sib₃ = 466.163=466 Hz (assimilé au diapason Renaissance Italie-Allemagne)

Diapasons anciens :

Allemagne, Italie du nord 16 ^{ème} et 17 ^{ème} 2 diapasons séparés d'un ton	Chorthon ou Corista à 410 Hz Cornettenthon ou Mezzo punto à 460 Hz
Allemagne 18 ^{ème} 2 diapasons séparés d'un ton	Chorton 460 Hz, Cammerton 410 Hz
France 17 ^{ème} et 18 ^{ème}	Ton de la chambre du roi 400 Hz
Rome, Naples (Italie du Sud)	392 Hz

D'après Bruce Haynes, *A History of performing pitch: The story of the A*, (Lanham, Md: Scarecrow Press, 2002),

SENSATION DE HAUTEUR RELATIVE Les intervalles

L'intervalle est la « distance », l'écart de hauteur, entre deux sons ; il peut être défini de diverses manières :

Intervalle numérique. - C'est le rapport de fréquences entre deux sons donnés, rapport que l'on peut aussi donner sous forme de nombre fractionnaire.

EXEMPLES : Entre 880 Hz et 440 Hz, on a un rapport de $880/440 = 2/1 = 2$: c'est le rapport d'octave.
 Entre 660 Hz et 440 Hz, on a $660/440 = 3/2 = 1,5$, c'est le rapport de quinte.
 Entre 440 Hz et 215 Hz, on a $440/215 = 2,0465$; ce n'est pas un rapport simple, c'est réductible à une fraction définie par des nombres entiers 88/43.

Mais un rapport ou un nombre fractionnaire expriment des relations entre fréquences ou longueurs de corde d'un sonomètre (par exemple pour trouver la quinte divisez la corde en 3 parties et faites en sonner 2 parties); ils ne rendent pas compte de la réalité perceptive. On a donc cherché d'autres unités plus adéquates : ce sont le savart et le cent, unités bien définies, infiniment préférables au "comma" mot qui recouvre au moins 5 ou 6 grandeurs différentes.

Le cent. - Dans les pays anglo-saxons, on utilise le « cent » ; c'est le centième de demi-ton tempéré. Son expression mathématique résulte du découpage de l'octave en 1 200 parties égales ; un cent est donc égal à

$$\sqrt[1200]{2} = 1,00057779.$$

Cela signifie que pour calculer la fréquence d'un son qui soit un cent au-dessus de 440 Hz, on multiplie 440 par le nombre précédent, ce qui donne 440,2542276.

Cette unité est très inférieure à ce que l'oreille peut percevoir, et les calculs introduisent de nombreuses décimales. Elle n'est pratique que dans la mesure où l'on « comprend » instantanément que 100 cents font un demi-ton, 50 cents un quart de ton, 25 cents un huitième de ton, etc.
 On se rappellera qu'autour 440 Hz, 1 Hz correspond à peu près à 4 cents.

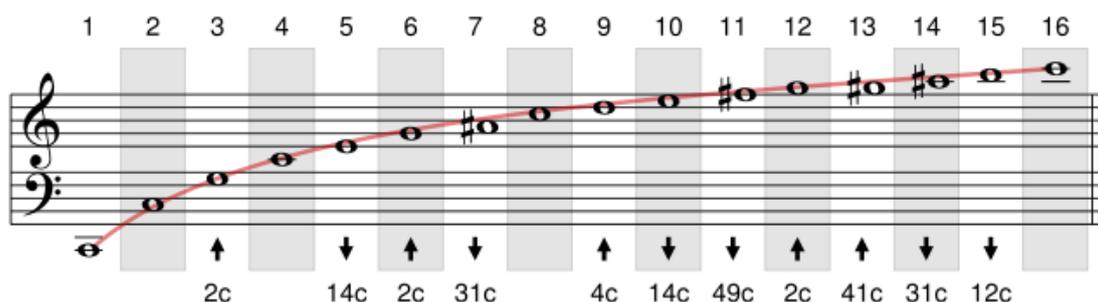
Pour les grands intervalles, il est plus commode de conserver les termes, usuels relatifs à la gamme tempérée : septième, sixte, quinte, quarte, tierce, seconde.

Les harmoniques d'une note sont donnés par les fréquences multiples de la fondamentale. Ainsi pour un *do*1 à 32,7 Hz les harmoniques sont :

Harmonique	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Fréquence	32,7	65,4	98,1	130,8	163,5	196,2	228,9	261,6	294,3	327	359,7	392,4
Note	Do	Do	Sol	Do	Mi	Sol	(Sib)	Do	Ré	Mi	(Fa#)	Sol

N.B. : les 7e et 11e harmoniques ne correspondent pas à des notes utilisées en musique occidentale, elles sont en dehors du cycle des quintes. Le nom indiqué est celui de la note la plus proche.

L'image ci-dessous indique les notes harmoniques d'un *do* grave, et précise par les flèches et les chiffres (en cent), l'écart de hauteur entre chacune des 15 harmoniques et la note la plus proche dans le tempérament égal. Rappelons que le demi-ton (du tempérament égal) fait 100 cents ; une déviation de 49 cents est donc à mi-chemin entre deux notes existantes : c'est un quart de ton !



DEFINITION : LES TROIS EXIGENCES DE TOUT TEMPERAMENT

Nous distinguerons deux cas théoriques qui correspondent à peu près à l'évolution historique de la musique : celui d'une musique purement mélodique à une seule voix et celui de la polyphonie harmonique et tonale.

a) Dans l'hypothèse où la musique est faite d'une succession d'intervalles, des difficultés apparaissent dès qu'il y a plus qu'un seul type d'intervalle - ce qui est évidemment toujours le cas, puisqu'une mélodie fondée sur un unique intervalle serait la plus ennuyeuse du monde ! On a coutume de remarquer par exemple qu'une suite de quintes ne peut jamais donner la même note qu'une suite d'octaves. $3/2$ et 2 étant les rapports des fréquences de ces intervalles respectifs, cette non-concordance se trouve justifiée par le fait qu'aucune puissance de $3/2$ ne peut égaler une puissance de 2 (c'est-à-dire $(3/2)^m = 2^n$ est une égalité impossible pour tout couple d'entiers m et n), théorème d'arithmétique tenant lui-même à ce que 2 et 3 sont des nombres premiers entre eux. On voit souvent écrit, dans la littérature musicologique, que " le cycle des quintes ne se referme pas ", notant que douze quintes n'égalent pas sept octaves. En réalité, toutefois, comme on le voit, la non-fermeture est plus générale. En quelque sorte le cas des douze quintes est le plus simple où se manifeste la déception du musicologue. Nous retiendrons pour l'instant la valeur de la différence : les 12 quintes sont supérieures aux 7 octaves de :

Un *comma pythagoricien* = $(3/2)^{12} / 2^7 \sim 74/73$

Une situation semblable se rencontre avec le triplet d'intervalles octave, quinte et tierce majeure. Ici, le premier cas "décevant" est celui de quatre quintes qui n'égalent pas exactement deux octaves augmentées d'une tierce majeure. La différence est de :

Un *comma syntonique* = $(3/2)^4 / 2^2 \cdot (5/4) = 81/80$ (également appelé comma majeur figure 2 ci-dessous)

Les autres intervalles classiques se trouvent dans la série des harmoniques, sans être nommément désignés sur la figure 1 : sixtes, septièmes, quarte augmentée, quintes augmentée et diminuée ; les dissonants sont caractérisés par des fractions « moins simples » que les consonants. Tous ces intervalles justes se déduisent exactement les uns des autres par différence et peuvent se ramener à une combinaison d'octaves, quintes et tierces majeures justes. L'idéal serait donc un instrument où ces trois intervalles de base seraient tous justes. Cela est malheureusement impossible. Trois tierces majeures justes ($5/4$) superposées font moins qu'une octave ($2/1$). Si ces trois tierces sont do-mi, mi-sol dièse et la bémol-do, il faudrait, pour atteindre l'octave juste, intercaler entre sol dièse et la bémol, qui seraient distincts, un petit intervalle appelé comma enharmonique ou Diésis ($128/125$). Cela apparaît clairement sur la figure 2

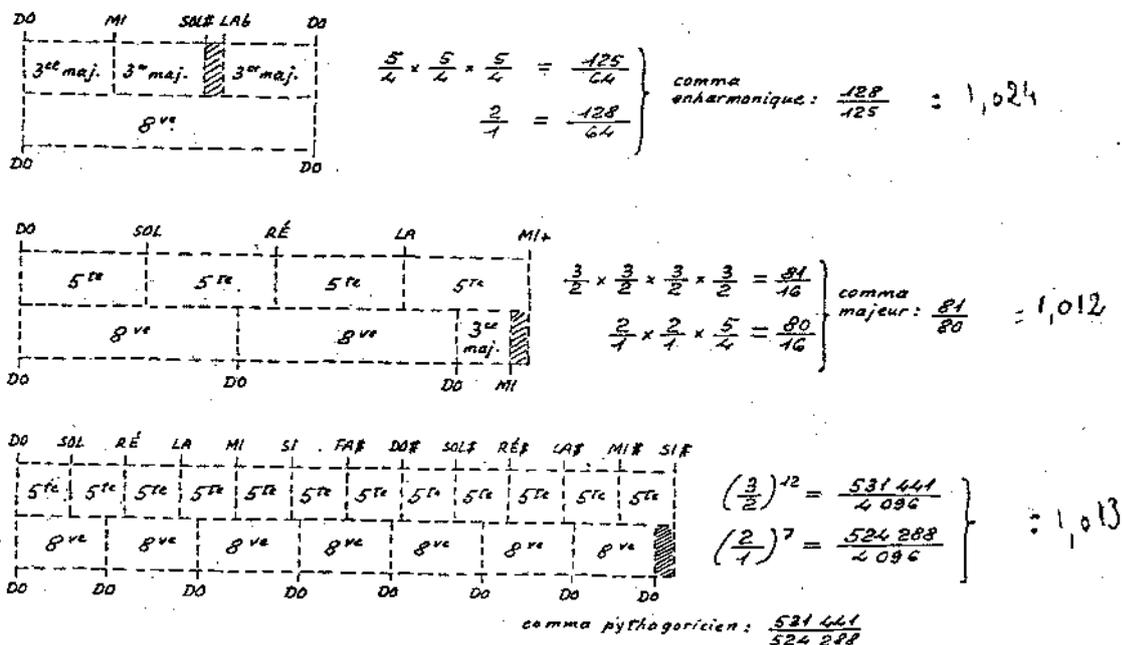


Fig. 2 - Relations entre octaves, tierces majeures justes et quintes justes avec définition des commas (représentation schématique)

Donc, autour de 440hz, la **tierce pure** correspond à une **baisse** de diapason de **3,5hz** ou 14 cents

La **quinte pure** correspond à une **hausse** de diapason de **0,5hz** ou 2 cents

1 comma syntonique = 22 cents (4qtes= 4x2cts - tierce pure=-14cts) 4x2-(-14)=22 cents

1 comma pythagoricien = 24 cents (12 quintes = 12x2)

1 diésis = 41 cents

1 schisma = 2 cents = 1/12 de comma pythagoricien = différence entre quinte pure et tempérée

Deux systèmes musicaux qui utilisent le comma comme intervalle de base :

LES MAKAMS TURCS

INTERVALLES A=12 OU 13 COMMAS (TIERCE MINEURE)
 T = 9 COMMAS (TON MAJEUR)
 K = 8 COMMAS (TON MINEUR)
 S = 5 COMMAS (DEMI-TON DIATONIQUE)
 B = 4 COMMAS (DEMI-TON CHROMATIQUE)
 KARAR = TONIQUE
 GÜCLU = DOMINANTE (Notée /)

d (comma b)
 \flat
 \sharp (comma #)

ÇARGAH
 (mode majeur)

T T B T / T T B

RAST
 (SAZKHAR)

T K S T / T K S

SUSINAK

T K S T / S A S

GERDANIYE

T K S T / K T S

SEGAH

A B S T / K T / S

USSAK
 (ou BEYATI
 avec tonique ré)

K S T / T B T T

KÜRDI

B T T / T B T T

HÜSEYNI



K S T T / K S T

KARCIGAR
ou HÜZZAM
avec tonique si)



K S T / S A S T

BUSELIK
(mode mineur)



T B T T / S A S

Famille des modes HICAZ :

HICAZ



S A S / T K S T

UZZAL



S A S T / K S T

HICAZ
ZIRGÜLE



S A S T / S A S

HUMAYUN



S A S / T B T T

somme des intervalles = 53 commas dans l'octave

Si l'on considère 6 tons majeurs à 9 commas (6x9)=54 commas du do au si#. On retrouve ce comma pythagoricien supplémentaire, différence entre la superposition de 12 quintes et de 7 octaves

Il faut écouter Kudsi Erguner pour la musique soufie

Et Ali Abhar Khan ou Hariprasad Chaurasia pour la musique d'Inde du nord

Les poèmes qui décrivent le sentiment des *rāga*-s se trouvent dans un grand nombre de traités sanskrits sur la musique. Beaucoup d'entre eux proviennent d'un ouvrage de Kohala antérieur à l'ère chrétienne. Les meilleures collections de ces poèmes se trouvent réunies dans le *Chatvārīṣhach'hata Rāga-nirūpanam* attribué à Nārada, le *Sangīta Darpana* de Damodara Mishra, le *Rāga Ratnākara* de Gandharva Rāja, le *Rāga Mālā* de Pundarīka Vitthala, le *Shiva tattva Ratnākara*, encyclopédie du XVIII^e siècle, et le *Rāga Kalpa-druma*, encyclopédie du XIX^e siècle.

Le nom du *rāga* est toujours indiqué dans le poème ou sur le tableau. Mais il n'est pas toujours facile d'identifier la gamme correspondante car les noms des anciens modes sont souvent attribués maintenant à des gammes différentes. Il y a également des différences entre les gammes des diverses écoles.

Notations.

Dans l'échelle des *shruti*-s, chaque note de la gamme peut occuper trois positions séparées par un comma (81/80, soit environ 5 savarts, ou 20 cents) (100 cents correspondent à un demi-ton tempéré). Certaines notes ont deux positions supplémentaires. Nous indiquons la position moyenne par le signe de notation usuel.

Les notes élevées d'un comma sont indiquées par un losange, celles élevées de deux commas par deux traits obliques.

Les notes abaissées d'un comma sont indiquées par un rectangle et celles abaissées de deux commas par deux traits horizontaux¹. Soit :



La tonique qui est une note de base tenue ou répétée constamment est, dans nos notations, toujours indiquée comme un Do, bien qu'il n'y ait pas de diapason fixe. Les notes accentuées (*Vādi* et *Samvādi*) sont indiquées par un accent et une ronde.

Les principaux *rāga*-s.

Le nombre des *rāga*-s possibles est presque indéfini. Certains ouvrages sanskrits parlent de plus de seize mille. Les musiciens d'aujourd'hui en pratiquent près de trois cents.

Nous donnons ici comme exemples quelques-uns des poèmes et des gammes correspondant aux principaux *rāga*-s. *Lalitā* (aux premières heures du jour).

« *Lalitā*, jeune et belle, porte un collier de sept sortes de fleurs. Ses yeux sont allongés comme les pétales du lotus. Vêtue encore pour un rendez-vous d'amour, elle soupire à l'aurore, vaincue par le destin. » (*Chatvārīṣhach'hata*)

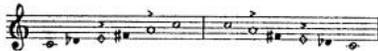
1. Pour plus de détails voir A. Daniélou, *Northern Indian Music*, p. 80 ou *Traité de Musicologie comparée*, p. 64-66 (Hermann, Paris).

Rāga-nirūpanam, p. 20; *Sangīta Darpana*, 2, 63; *Shiva tattva Ratnākara*, 6, 8, 90.)



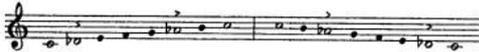
Vibhāsa (au lever du soleil).

« Pâle, au gracieux visage, drapé de blanc. Fier comme le cri du coq à l'aurore, son rire secoue les boucles sur son front. *Vibhāsa-rāga* est charmant comme le dieu de l'amour lui-même. » (*Rāga Kalpa-druma*, p. 30.)



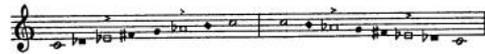
Bhairava (le matin).

« Les sages divins décrivent *Bhairava*, les membres de son corps harmonieux couverts de cendres; le front illuminé par le croissant de la lune, un trident à la main, chevauchant un taureau. » (*Chatvārīṣhach'hata Rāga-nirūpanam*, p. 13.)



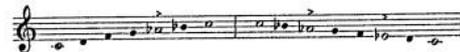
Todī (dans la matinée).

« Son corps mince enduit de safran et de camphre brille comme la fleur du jasmin. Les biches des forêts restent stupéfaites à la vue de *Todī* splendide, tenant un luth. » (*Chatvārīṣhach'hata Rāga-nirūpanam*, p. 15; *Sangīta Darpana*, 2, 53; *Shiva tattva Ratnākara*, 6, 8, 69.)



Yāvanapūrī Todī (dans la matinée).

« *Todī*, la Grecque, est une robuste étrangère. Richement vêtue, elle porte ses cheveux en bandeaux sur son front. Ses boucles d'oreilles en pierres rares serties d'or ont la forme de fleurs. Languide, elle joue du luth habilement au matin buvant du vin de raisin et laissant voir ses formes aimables et ses membres très blancs. » (*Rāga Mālā*.)



Bhūpāla (dans la matinée).

« Je vois *Bhūpāla*, assis très à son aise sur le trône du lion, entouré de nombreux parents. Des jeunes femmes aux yeux de gazelles l'éventent avec un chasse-mouches. » (*Rāga Sāgara*, 3, 5.)



Bilāval (dans la matinée).

« *Bilāvalī* a le teint d'un lotus. Elle fait en secret des signes à son amant tout en arrangeant les bijoux qui ornent son corps. Elle ne peut oublier un instant le dieu de l'amour auquel elle s'est vouée. » (*Chatvārīṣhach'hata Rāga-nirūpanam*, 2, 59; *Shiva tattva Ratnākara*, 6, 8, 81.)



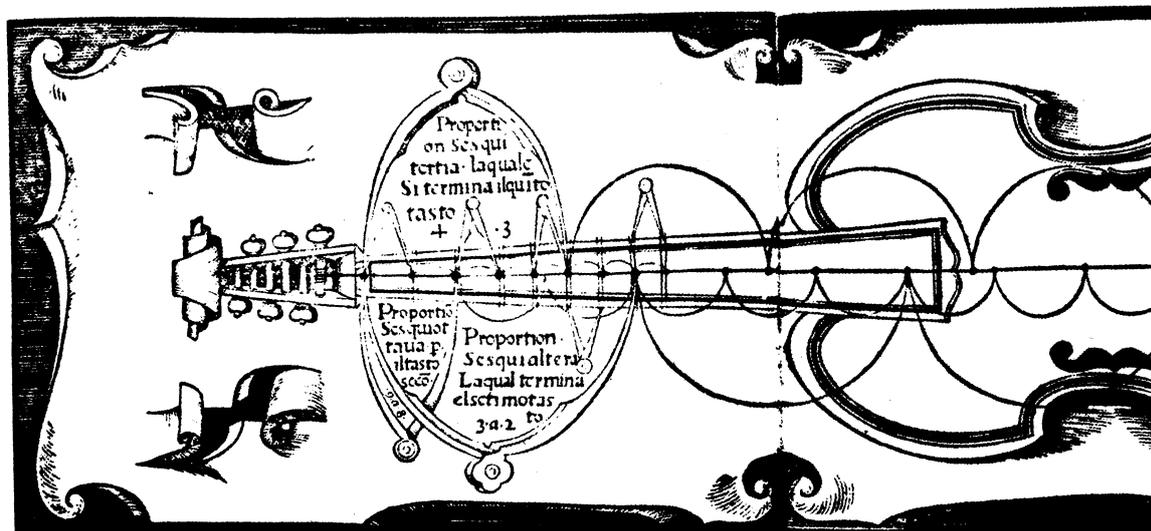
Le luth et la justesse

Quelques traités sur la position des frettes

[Commentaires de Philippe Allain-Dupré]

Sylvestro Ganassi, Regola Rubertina, Venezia, l'autore 1542

Chapitre 4. Comment placer les frettes ?



Explication de Ganassi	Interprétation en cents	Mésorappel
2 ^{ème} frette 9/8, [c'est à dire ton majeur 204cents] mais mesuré un peu court, comme le demande la nature de l'instrument ! L'oreille est l'arbitre final. Il est nécessaire de savoir bouger les frettes. [Je propose un ton tempéré à 200 cents.]	200	193
1 ^{ère} frette au milieu, mais un peu plus loin que le milieu exact ! [Si milieu exact de ton majeur cela donne deux demi-tons à 99 cents et 105 cents] [je propose 17/18]	99	76 ou 117
3 ^{ème} frette même distance que 1 ^{ère} : [tierce mineure un peu haute]	311	310
5 ^{ème} frette 3/4 quarte pure	498	503.5
4 ^{ème} frette milieu 3 et 5 [donne une tierce majeure plus grande que tempérée]	402	386
7 ^{ème} frette 2/3 quinte pure	702	696.5
6 ^{ème} frette milieu 5 et 7 [donne un triton un peu bas]	596	579.5
8 ^{ème} frette [inusitée sur la viole, mais fréquente au luth] même distance que 6 ^{ème} [donne sixte mineure un peu haute, la même que celle du mésotonique. Erreur sur le diagramme, le compas mesure la distance entre 4 et 5, alors que le texte dit entre 5 et 6]	813.5	813.5

Ensuite les mouvoir jusqu'à ce que votre oreille soit satisfaite. Faire attention de bien placer la frette dans la proportion (4/3.3/2) ou plus bas (2^{ème}) ou plus haut (1^{ère})

[Il différencie les claviers qui doivent être accordés avec des petites quintes. Il explique que donner la proportion de la tierce mineure (6/5) ou de la tierce majeure (5/4) pour placer les troisièmes et quatrièmes frettes serait dériver de la nature de l'instrument]

GORZANIS, GIACOMO. 1567. Libro de intabolutura (MUNICH: Bayerische Staatsbibliothek Mus. Ms. 1511a). Italian tab for 6 course lute. The "Well-Tempered Lute": contains *passamezzo-saltarello* pairs in every key.

"Anticipating Bach by 165 years, composer and virtuoso lutenist Giacomo Gorzanis had by 1567 written a collection of 24 dance suites, two on each of the 12 steps of the chromatic scale: one in a 16th-century modality with a major third above the final, and the other with the minor third (a distinction recognized in the harmonic theory of Zarlino). Some "major" suites have an Ionian/Mixolydian feeling, and some "minor" suites an Aeolian/Dorian feeling; each suite consists of a *passamezzo-saltarello* pair". (Margo Schulters, Pythagorean tuning)

Bardi Giovanni, Discourse on Ancient Music and Good Singing, ca 1580:

Among the wind instruments there are some for playing compositions that are low-pitched and somnolent - these are trombones; others apt for playing those that are high-pitched and lively, such as the cornetti ; still others apt for playing those usual ones that lie in the intermediate register, such as the flutes and *pifferi allemani*. [...]

Besides this, it is necessary to take great care in combining these instruments [*cordes*], for not all of them are tuned according to the same tuning, the viol and lute being tuned according to the tuning of Aristoxenus [*égal?*], the harp and *gravicembalo* making their modulations with other intervals. [*mésotonique?*] In your consorts, then, you will as far as possible avoid combining lutes or viols with keyboard instruments or harps or other instruments not tuned in unison, but in various ways.

Traduction de STRUNK Oliver: Source Readings in Music History from Classical Antiquity to the Romantic Era, Faber and Faber

"Artusi overo delle Imperfettioni della moderna musica" Venise, 1600,

Facsimile Forni à Milan

Classification des instruments par tempéraments (p.11) :

Artusi, L' Artusi, f.11r

<i>Primo ordine.</i>	<i>Secondo ordine.</i>	<i>Terzo ordine.</i>
<i>Instrumenti, che sono temperati co'l Tuono eguale, e'l Semituono ineguale.</i>	<i>Instrumenti, che si piegano per ogni verso.</i>	<i>Instrumenti, che danno il Tuono diviso in due parti eguali, e' li Semitoni sono eguali.</i>
<i>Organo.</i>	<i>Voci humane.</i>	<i>Lauti.</i>
<i>Clauacembalo.</i>	<i>Tromboni.</i>	<i>Viola.</i>
<i>Spinette.</i>	<i>Trombette.</i>	<i>Viola bastarde.</i>
<i>Monocordi.</i>	<i>Ribechini.</i>	<i>Cetera.</i>
<i>Arpe doppie.</i>	<i>Cornetti.</i>	<i>Lire.</i>
	<i>Flauti.</i>	
	<i>Dulzaine.</i>	

1^{er} ordre : instruments qui sont tempérés avec le ton égal et le demi ton inégal (orgue, clavecin, épinettes, monocordes et harpes doubles) [*ton égal = ton moyen ou mésotonique. Demi-ton inégal est aussi caractéristique du mésotonique*]

2^{ème} ordre : instruments qui s'adaptent aux deux autres (voix humaines, trombones, trompettes, violons, cornets, flûtes et dulcianes)

3^{ème} ordre : instruments qui donnent le ton divisé en deux parties égales, avec les demi-tons égaux (luths, violes, violes bastardes, cistres et lirones) [*càd instruments à frettes au tempérament égal*]

Mersenne Préface générale à l'Harmonie universelle de Mersenne, 1636

"Certes c'est une chose estrange que de mille joüeurs de Luth, & des autres instrumens, l'on n'en rencontre pas dix qui prennent plaisir à chanter, & à exprimer les Cantiques divins; & qui n'ayent mieux joüer une centaine de courantes, de sarabandes, ou d'Allemandes, qu'un air spirituel: de sorte qu'il semble qu'ils ayent voüié tout leur travail à la vanité, qu'ils entonnent dans le coeur par les oreilles, comme par autant d'entonnnoirs. J'avoüe que je suis de l'advis des plus excellents politiques, à sçavoir que cette espèce de Musique, qui amolist, & énerve le courage, & qui émousse la pointe de l'esprit des ieunes gens, devroit estre bannie des Republicques, comme toutes les autres choses qui corrompent les bonnes moeurs, dont on viendroit ayement à bout si les Magistrats établissoient des prix, & des honnestes recompences pour ceux qui pratiqueroient seulement la Musique Dorienne, & les autres especes, dont nous avons parlé, pour celebrer les loüanges de Dieu, & pour chanter les loix qui servent à l'instruction des enfans."

Mersenne 2^{ème} livre sur l'accord des luths

“Or l'on appelle Tempérament, l'altération que l'on fait des intervalles tant consonnans que dissonans, dont j'ay expliqué les vraies raisons, & les justes proportions, lors que j'ay expliqué l'accord du Tuorbe, comme s'il eust esté juste, & en sa perfection. Ce tempérament est marqué a costé du Tuorbe, & consiste en douze demi tons égaux, esquels l'octave est divisée; & se trouve en divisant les cordes à vuide, ou le luth depuis le sillet jusques au chevallet en 100000 parties, dont le b, c'est-à-dire la première touche en a 94444; la seconde 89298 & ainsi des autres iusques à la 9 ou 10 touche, suivant les nombres de ce tempérament, dont le 13 à sçavoir 50363, représente la moitié de la corde, encore que ce nombre soit grand de 363 puisque 50000 est double de 100000. C'est pourquoy j'ay mis l'autre rang des nombres, qui donne les demi-tons beaucoup plus justes que le premier, comme on le void en comparant les uns des autres” (p. 48).

note	intonation pure	rapport	Calcul 18/17=99 cents	Temp égal pour théorbe	Egal théorbe*2	Temp égal Propositio 7 (tab.p.suiv)
N	Long.	Freq.	Long.	Egal	200000	200000
C	100000	1	100000	100000	188774	188,770
X	93750	16/15	94444	94387	178180	178171
D	88889	9/8	89298	89090	168180	168178
X	85333	75/64	84242	84090	188740	158740
E	80000	5/4	79562	79370	149830	149829
F	75000	4/3	75242	74915	141422	141421
X	71111	45/32	70697	70711	133484	133480
G	66667	3/2	67025	66742	125992	125992
X	62500	8/5	63301	62996	118920	118920
A	60000	5/3	59785	59460	112246	112245
X	56250	16/9	56463	56123	105946	105945
↳	53333	15/8	53325	52973	100000	100000
C	50000	2	50363	50000		

Trois erreurs de Mersenne (ou de son imprimeur) dans le calcul 18/17 :

D =89198 (et non 89298) F=75142 (et non 75242) et X entre Fet G=70967 (et non 70697).

PROPOSITIONS VII.

Expliquer la capacité des Violes dans les Concerts, la division & la science de leurs manches, & les pieces de Musique qui se peuvent ioïer dessus, & la maniere de les accorder pour en faire des Concerts.

ENCORE que les Violes soient capables de toutes sortes de Musique, & que les exemples que l'ay donné pour le concert des Violons leur puissent servir, neantmoins elles demandent des pieces plus tristes & plus graves, & dont la mesure soit plus longue & plus tardive ; de là vient qu'elles sont plus propres pour accompagner les voix. Or l'on peut ioïer toutes sortes de pieces non seulement à cinq parties, comme l'on fait ordinairement sur les Violons, mais à six, à sept, à douze, & à tout autant de parties que l'on veut; ce qui peut semblablement estre executé par tous les autres instrumens, qui ont assez d'estenduë. Mais il suffit de mettre icy le commencement d'une Composition à six parties, laquelle a deux Dessus, deux Basses, une Taille & une Haute-contre.

Or il faut remarquer que les Anglois ioïent ordinairement leurs pieces un ton plus bas que les François, afin d'en rendre l'harmonie plus douce & plus charmante, & consequemment que leur sixiesme chorde à vuide fait le C *sol* au lieu que la nostre fait le D *re sol*, comme l'on void aux notes qui sont à costé de la Viole; d'où il s'ensuit qu'ils marquent plusieurs *b* mols & dieses, dont nous n'usons pas ordinairement. Quant à la division du manche de la Viole, elle n'est pas differente de celle du manche du Luth; c'est pourquoy i'adiouste seulement icy une nouvelle maniere pour le diviser, laquelle depend des onze moyennes proportionnelles, dont i'ay donné l'invention dans la quatorze & quinziesme Proposition du premier livre, & dans la septiesme du second livre. Mais il faut premierement supposer que la chorde entiere, ou la longueur de la Viole depuis le fillet iusques au chevalet soit divisée en 200000. parties esgales, dont ayant osté 11230. parties, l'on aura le nombre 188770. pour le lieu de la premiere touche d'enhaut, & ainsi des autres nombres qui font vis à vis des lettres de chaque touche iusques au dernier 100000, qui donne la derniere touche *n*, laquelle fait l'Octave en haut avec la chorde entiere exprimée par l'*a*.

Et si l'on prend la difference de ces treize nombres, l'on aura les douze autres nombres qui sont à main droite, afin de les graver sur les compas de proportion, & de marquer les touches sur le manche de la Viole & des autres instrumens avec une seule ouverture du compas: car puis que les treize nombres de la main gauche sont continuellement proportionnels, il est certain que les douze de la droite sont aussi continuellement proportionnels, & consequemment que toutes les ouvertures du compas garderont la mesme proportion: par exemple, si la premiere ouverture prise sur la premiere difference 11230 a un quart de pied, c'est à dire trois pouces, il y aura mesme raison de trois pouces à la seconde touche que de 11230 à 10599, & ainsi des autres: de sorte que ces 12 differences ou nombres monstrent les douze ouvertures, ou les douze points du compas, qu'il faudra transporter sur le manche que l'on veut diviser, & parce que l'on ne met ordinairement que neuf touches, dont *k* est la derniere, 7072 marquera cette touche: ce qui est si aysé à comprendre qu'il suffit de regarder les nombres qui suivent.

Ligne Harmonique.

I	II	III	IV	V
D	a	200000		
#d	b	188,770	11,230	b
E	c	178171	10599	c
F	d	168178	9993	d
#f	e	158740	9438	e
G	f	149829	8921	f
#g	g	141421	8408	g
A	h	133480	7941	h
#a	i	125992	7488	i
B	k	118920	7072	k
C	l	112245	6675	l
#c	m	105945	6300	m
D	n	100000	5945	n

Or cette table a cinq colonnes, dont la première à gauche contint les lettres, & les signes ordinaires des douze demy-tons de l'Octave, qui commence par le D de *D la re sol*, quoy que l'on puisse commencer par telle autre lettre de la main harmonique que l'on voudra. Le seconde colomne contient les lettres de la tablature dont on use en France pour exprimer la Musique des instrumens, lesquelles respondent aux caracteres precedens de la premiere colomne. La 3. a les 13 nombres qui representent aussi les touches, comme i'ay desia remarqué, & quant & quât la raison double divisée en 12 autres raisons continuellement proportionnelles, par le moyen des 11 nombres moyens proportionnels entre 2 & 1, ou 200,000, & 100,000: de sorte que si l'on divise le manche en 200,000 parties, les 12 nombres qui descendent

marqueront les 12 touches du manche. La 4. colomne contient les differences des nombres de la 3, & monstrent les endroits où il faut poser les touches. Et la 5. colomne monstre les lettres qui servent dans la tablature pour exprimer les touches

Or apres avoir donné l'exemple de la Musique pour les Violes, ie reviens à la division de leurs manches, dont i'ay interrompu le discours: & dis premierement que l'on peut se servir des nombres precedens du Monochorde, où tous les tons & les demy-tons sont esgaux,

[1.059464 est la racine douzième de 2, rapport de fréquence du demi-ton du tempérament égal. Si la réalisation sur le manche est un peu ardue, c'est néanmoins l'idéal que prône Mersenne. Il en obtient une bonne

Voyons ce que dit Georges Muffat (1653-1704) compositeur savoyard qui a étudié avec Lully et aussi côtoyé Corelli, dans J.-B. Lully Les ballets [partition]. Paris : Éditions de la revue musicale.1931

PREMIERES OBSERVATIONS

SUR LA MANIERE
DE JOUËR LES AIRS DE BALETS A LA FRANÇOISE
SELON LA METHODE DE FEU MONSIEUR DE LULLY

PAR
GEORGES MUFFAT

La maniere de jouër les airs de Balets sur les Violons selon le genie de feu Monsieur Battiste de Lully, prise icy en sa pureté, et si recommandable par l'approbation des meilleurs Musiciens de l'Europe, est d'une recherche si exquise, qu'on ne sçauroit rien trouver de plus exact, de plus beau, ny de plus agréable. Dont pour vous decouvrir icy en peu de mots les principaux secrets, il vous faut sçavoir, Mon cher Lecteur, qu'elle s'acquitte en même tems de deux fonctions admirablement bien liées ensemble; à sçavoir de plaire à l'oreille, et de marquer tout à la fois si bien les mouvemens de la danse, qu'on connoit d'abord de quelle espece chaqu'air est, et qu'on se sent comme inspirer même malgré soy l'envie de danser. Pour en venir à bout, il me semble que cinq choses sont necessaires. Premièrement, de toucher juste. Deuxièmement, que toute la Bande observe une même maniere de mener l'archet⁽¹⁾. En troisièm lieu, de garder constamment le vray mouvement de chaque piece. En quatrièm lieu de prendre garde à certains usages touchant les repetitions, l'interpretation de certaines notes, et la propriété du style et de la danse. Et finalement de sçavoir se servir avec jugement des belles manieres, et des ornemens convenables, qui font briller l'harmonie de part, et d'autre, comme d'autant de pierres precieuses. Ces cinq points sont compris en ces vers :

[Contactus, Plectrum, Tempus, Mos, atque Venustas
Efficient alacrem, dulcisonamque Chelyn.]

I. — CONTACTUS. Du Toucher Juste.

Il n'y a point de difference entre les bons maîtres, de quelque nation qu'ils soient, touchant la justesse des sons. Il n'y a que les foibles apprentifs, ou les ignorans, et gâte-métiers, qui en tous pays manquent contre les regles. Rien ne sçauroit mieux faire éviter les faux tons, que l'instruction, et correction d'un bon maître, duquel on suppose qu'on aura appris les premiers principes de cet Art, desquels mon intention n'est pas de traiter en ce lieu. Je diray seulement qu'ensuite d'une bonne instruction, pour acquerir et conserver une oreille delicate, le frequent exercice avec des gens d'un goût exquis sera d'un grand secours; comme aussy de ne guere jouër avec ceux, qui seroient plus propres à dépraver, qu'à perfectionner l'oreille. Outre cela j'ay remarque que les défauts de ceux qui jouënt faux proviennent la plus part, de ce que des deux touches qui ensemble composent le semiton (par exemple le mi, et le fa; a et b; c et d; ou f et g; c et d; g et a, etc.) jamais ils ne prennent le mi ou la dièse # assez haut; ny le fa ou le b mol assez bas.

(1) Muffat appelle toujours ainsi l'archet.

Ce qu'écrit Muffat à propos du toucher juste est de prime abord incompréhensible pour un violoniste moderne qui doigte le solb avec le majeur de la main gauche, alors qu'il doigte le fa# avec l'index. Souvent les violonistes modernes ont tendance à faire des tierces majeures grandes, surtout s'ils s'accordent en quintes pures, c'est-à-dire qu'ils jouent le fa# plus haut que le solb.

Prenons cette sonate pour flûte et B.C. de J.P. Kirnberger, dernier élève de clavecin de JSB. Il stipule que la 7^{ème} mineure sol-fa naturel doit être plus grande que la sixte allemande sol-mi# en deuxième système, fin de deuxième mesure noté i devant les deux derniers fa.



Explication par Kirnberger de la fin de cette deuxième mesure, où les deux derniers fa sont en fait des mi#, qui doivent être joués un comma plus bas que les fa naturels précédents.

Lorsque j'ai enregistré cette sonate pour Arion en 2001 le preneur de son, qui avait une formation de hautbois classique, m'a critiqué : ton mi# est trop bas par rapport à ton fa ! Pour qui sait jouer de la flûte baroque, où le mi# est très haut, c'était pour moi un beau compliment !

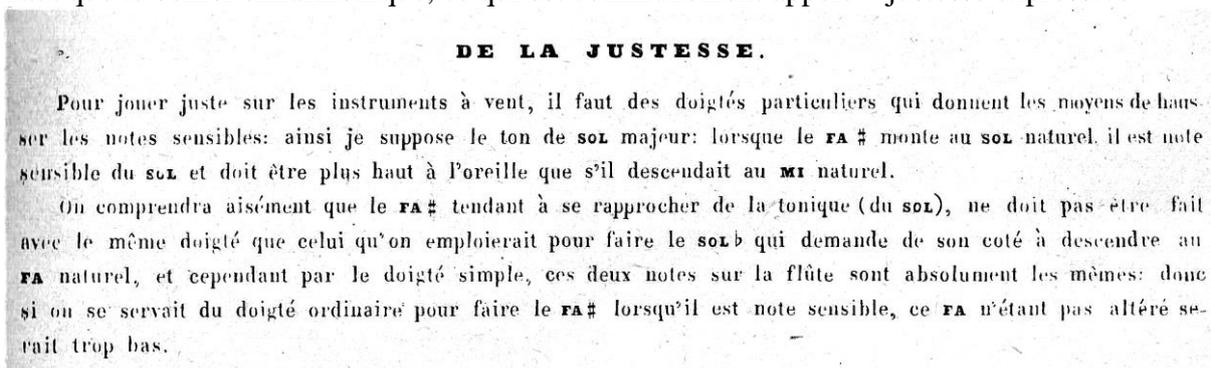


Johann Philipp Kirnberger
6 Sonates pour flûte et basse continue
 [2001]

Avec Yasuko Uyama-Bouvard, clavecin et pianoforte,
 et David Simpson, violoncelle.

Arion 68554s

Il est intéressant de constater que 60 ans plus tard, en 1851, Tulou dans sa méthode de flûte adaptée au Conservatoire national de musique, dit exactement le contraire : le # doit être plus haut que le bémol enharmonique, ce qui est communément appelé « justesse expressive » :



Zarlino

Dans *Istitutioni Harmoniche*, Gioseffo Zarlino, Maître de chapelle à Saint-Marc de Venise, propose en 1558 pour la justesse « a capella » un modèle d'intonation juste. **IDÉAL OU UTOPIE ? !** telle est la question posée

A lire absolument :

<https://virga.org/zarlino/>

Olivier Bettens y décrit la réalisation de l'intonation juste en partant d'un accord syntonique d'hexacorde qui favorise les tierces pures et en l'associant à la solmisation Ut ré mi fa sol la

Il décrit le principe de la mutation de comma, qui est d'ailleurs réalisé dans le logiciel « Zarlino » proposé sur ce site. Ce logiciel permet d'entendre les musiques soit en pythagoricien (quintes pures uniquement) soit en quintes et tierces pures (intonation juste)

Calculs des intervalles purs, « c'est-à-dire sans battements. » :

	Intervalles purs	Rapports de fréquence	fréquence	fréquence tempérée	fréquence rapportée	Ecart en Hz	En cent
DO			264	261,6	444	4	16
DO#	1/2 c	25/24	275	277,18	436,5	-3,5	-14
ré b	1/2 d	16/15	281,6	"	447	7	28
Ré	T	9/8	297	297,6	445	5	20
ré #	T+1/2c		309,38	311,13	437,5	-2,5	-10
MI b	T+1/2d = tierce min.	6 / 5	316,8	"	448	8	32
MI	T+t= Tierce majeure	5 / 4	330	329,6	440,5	0,5	2
fa b	Quarte dim.		337,9	"	451	11	44
mi #	Tierce aug.		343,7	349,2	433	-7	-28
FA	T+t+1/2 d = Quarte	4 / 3	352	"	443,5	3,5	14
FA #	T + 2t		366,66	370	436	-4	-16
sol b	Quarte + 1/2 d		375,4	"	446,5	6,5	26
Sol	2T +t +1/2 d = Quinte	3 / 2	396	392	444,5	4,5	18
Sol#	Quinte + 1/2 c		412,5	415,3	437	-3	-12
La b	Quinte + 1/2 d		422,4	"	447,5	7,5	30
LA	2T +2t +1/2 d = sixte	5 / 3	440	440	440	0	0
La #	Quinte + T + 1/2 c		464	466,1	438	-2	-8
Si b	Quinte + T +1/2 d		475,2	"	448,5	8,5	34
SI	Quinte + tierce	15/8=3/2x5/4	495	494	441	1	4
do b	Octave -1/2 d		506,9	"	451,5	11,5	46
si #	Quinte + tierce + 1/2 c		515,6	523,2	433,5	-6,5	-26
do	octave	2	528	"	444	4	16

Tempéraments

Rappel de l'exergue :

Il semble bien inutile de s'attarder au jeu mathématique des gammes. Cependant, il faut bien adopter une gamme théorique pour accorder des instruments à sons fixes ; (E. Leipp, Acoustique et musique, p. 144)

Une gamme théorique, c'est un tempérament destiné aux instruments à sons fixes, claviers, harpes, instruments frettés.

Voyons d'abord ce que disent trois flûtistes et théoriciens célèbres au 18^{ème} siècle sur l'accord du clavecin, Blavet cité par Leblanc, Quantz et Tromlitz :

LeBlanc, Hubert. Défense de la basse de viole. Amsterdam. 1740

Page 54: *De tant de Tierces que... qualifie être si aimables, vous [le Clavecin] & l'Orgue en avez les trois quarts de fausses. Une Oreille fine ne sauroit chez vous entendre le joueur (pour rendre justice à deux qu'il y a d'habiles), qu'en s'imposant silence sur le défaut de justesse dans l'Instrument, & au rapport que fait l'oreille de tant d'accords qui impatientent l'Auditeur délicat, plutôt que de le flatter.*

Page 55: *[Sur le clavecin] on n'a pas la faculté d'y retoucher [l'accord] dans un Concert, au lieu que sur les Instrumens à Chevilles mobiles, on ajuste l'accord sur chaque Ton, où l'on va jouer, & non sur la selle à tous chevaux d'un Ami l'a donné. L'Art divin de Mr. Blavet est de réparer sur la Flute, par le moyen de l'haleine modifiée. Ainsi les Ecolières de Clavecin, lorsqu'elles s'applaudissent qu'il est toujours d'accord, ne sentent pas qu'il n'y est jamais.*

Quantz 1752 Essai chap.XVI §7 :

S'il se trouve que les Violons sont plus hauts que le Clavecin ; ce qui peut aisément arriver, quand leurs Quintes sont accordées un peu trop haut, au lieu qu'elles doivent l'être un peu plus bas, comme il faut que cela soit observé au Clavecin ; ce qui cause en quatre Quintes qui sont ainsi accordées, une différence considérable : alors le joueur de Flûte est obligé de se régler plutôt aux Violons qu'au Clavecin, ceux-là se faisant entendre davantage que celui-ci.... Cependant cette faute ne se commet que par ceux qui traitent la Musique comme un métier, dans lequel ils ne trouvent pas un véritable plaisir, & non pas par des Musiciens raisonnables & expérimentés, qui aiment la Musique & qui jouent pour plaire à des oreilles délicates.

Tromlitz , le flûtiste virtuose, Leipzig 1791 §23, page 57

"Permettez-moi d'en dire un peu plus à propos de l'accord du clavecin. Ce n'est pas choquant lorsque les cordes et les vents dans une symphonie en mib majeur, ou n'importe quelle tonalité altérée par un # ou un b, sont plus hauts que le clavecin, surtout à la fin, même s'ils se sont accordés sur lui autant que possible au début.

La raison de cela vient de ce que l'on a dit précédemment - [la différence enharmonique entre les dièses et les bémols que le clavecin ne peut pas faire entendre comme la flûte ou le violon] - et de plus les quintes pures du violon sont concernées, ce qui est absolument hors de question pour le clavier.

Certainement on voudrait que les violons soient capables de s'accorder comme le clavier ; mais c'est désirer quelque chose d'impossible, car même si c'était réalisable, un bon musicien voudrait toujours suivre ses oreilles, mais ne pourrait pas à cause de l'impureté des quintes. Il voudrait jouer tous les intervalles purs, mais les cordes à vide ne seraient pas d'accord avec.

Cette faute ne serait-elle pas plus grande que celle que nous avons supposé au début ? Si d'un autre côté il essaye de ne pas utiliser les cordes à vide incorrectement accordées, mais de doigter toutes les notes, ensuite par la force de son oreille bien entraînée il jouera de la même manière que si les cordes avaient été accordées pures, et de ce fait le premier problème restera, nommément qu'il ne peut pas agréer avec le clavecin pour ce qui concerne la justesse. Je peux aussi imaginer que l'on pourrait s'accorder mieux avec le clavier en tempérant les quintes du violon, mais je doute fortement qu'un orchestre entier puisse s'accorder dans le même tempérament. Et si cela était, serait-il ensuite capable de garder cette justesse tempérée tout le temps ? Certainement pas.

OU EST ECRITE LA LOI, DONC, QUI STIPULE QU'ON DEVRAIT TOUS SUIVRE UN SEUL INSTRUMENT IMPARFAITEMENT ACCORDE, ET AINSI GACHER TOUT L'ENSEMBLE ?

Cet instrument doit-il être inclus ? J'admets que dans les opéras on peut rarement s'en passer, mais les violons doivent être autorisés à s'accorder en quintes pures pour que le problème ne soit pas trop grand et intolérable. Aussi l'idée de tempérer l'accord des violons est insensé et ne doit en aucun cas être mis en pratique sans ruiner tout l'ensemble.

Aussi c'est mon opinion, si on veut un bon orchestre composé de gens qui veulent jouer d'accord, la manière la plus raisonnable est de supprimer complètement le clavecin.

CAR UNE COUTUME DEPUIS LONGTEMPS ETABLIE NE PEUT JUSTIFIER UNE MAUVAISE PRATIQUE.

Pardonnez-moi cette digression ; je l'ai écrit pour l'ignorant, et pour ceux qui arguent que les violons doivent être accordés au tempérament du clavier.

Ecart de quelques tempéraments par rapport au tempérament égal

	DO	DO #	Ré	MI b	MI	FA	FA #	SOL	SOL #	LA	SI b	SI
Tempérament égal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pythagoricien	0	-10	+4	-6	+8	-2	-12	+2	-8	+6	-4	+10
Bach-Kellner	0	-10	-6	-6	-11	-2	-12	-3	-8	-8	-4	-9
Werkmeister 3	0	-10	-8	-6	-10	-2	-12	-4	-8	-12	-4	-8
Kirnberger 3	0	-10	-6	-6	-14	-2	-10	-3	-8	-10	-4	-12
Mésotonique au 1/4	0	-24	-7	+10	-14	+3	-21	-3	-27/+14	-10	+7	-17
Sauveur : octave/43	0	-16	-5	+7	-9	+2	-14	-2	-19	-7	+5	-12
Rameau	0	-13	-7	-2	-14	+3	-15	-3	-11	-10	+7	-17
Mésotonique au 1/6	0	-11.4	-3.3	+4.9	-6.5	+1.6	-9.8	-1.6	-13/+6.5	-4.9	+3.3	-8.1
Vallotti & Young	0	-6	-4	-2	-8	+2	-8	-2	-4	-6	0	-10
Bach Clavier BT	0	-2	-4	-2	-8	+2	-4	-2	-2	-6	-2	-6

Si l'on ne possède pas de graduations en cent sur l'accordeur, on peut utiliser l'approximation : 1hz=4cents. (Autour de 440)

Donc, autour de 440hz, **la tierce pure** correspond à une **baisse** de diapason de **3,5hz** ou 14 cents

la quinte pure correspond à une **hausse** de diapason de **0,5hz** ou 2 cents

1 comma syntonique = 22 cents (4qtes= 4x2cts - tierce pure=-14cts) 4x2-(-14)=22 cents

1 comma pythagoricien = 24 cents (12 quintes = 12x2)

1 schisma = 2 cents = 1/12 de comma pythagoricien = différence entre quinte pure et tempérée

Quelques tempéraments usuels :

Pythagoricien : **11 quintes pures** sauf si-fa# (trop petite) tierces pythagoriciennes trop grandes de 1 comma, sauf ré-fa#, mi-sol#, la-do#, si-ré# à -16cents, c'est à dire quasiment pures.

Bach Kellner : **7 quintes pures**, sur mi-si, puis fa#-do#-sol#-mib-sib-fa-do, do-sol-re-la-mi et si-fa# sont réduites de 1/5 comma pythagoricien.

Werkmeister III : **8 quintes pures** sauf do-sol, sol-ré, ré-la, si-fa# réduites de 1/4 de comma pythagoricien. Tierces bonnes sauf les quartes diminuées fa#sib, Do#fa et sol#do

Kirnberger III : **1 tierce pure do-mi** (les 4 quintes la composant réduites de 1/4 de comma syntonique) les autres quintes pures sauf fa#-do# tempérée

Mésotonique au 1/4 de C : **8 tierces pures**, les quartes diminuées si mib, fa#sib, do#fa et sol# do sont inutilisables comme tierces. Toutes les quintes sont petites (-1/4 de comma), sauf la quinte du loup sol# mib, qui est en réalité une sixte diminuée inutilisable en tant que quinte.

Sauveur : c'est un tempérament de mathématicien (donc irréalisable avec des battements) qui divise l'octave en 43 parties, en observant qu'elle est composée de 5 tons et de deux demi-tons diatoniques : Le ton vaut 7 parts, le demi-ton diatonique 4 parts. Le résultat est proche d'un mésotonique au 1/5 de comma.

Mésotonique au 1/6^{ème} de comma : **8 quintes baissées de 1/6 de comma**, 2 tierces, réb fa, et solb sib inutilisables. Décrit au 18^{ème} comme le tempérament « ordinaire », idéal et le plus utilisé.

Rameau : **4 tierces pures**, sib-ré, fa-la, do-mi et sol-si

7 quintes petites (-1/4 de comma), celles sur si, fa#, do# sont pures et celles sur sol# et mib trop grandes de 1/3 de comma. (Interprétation en 1754 de Gallimard de son texte un peu obscur. Voir D. Devie, p.98, fig.34)

Vallotti (Padoue 1779) et Young (Londres 1800) : **6 quintes pures** sur fa#, do# sol#, mib, sib, Fa et 6 quintes do-sol-re-la-mi-si-fa# réduites de 1/6 de comma (Vallotti décale en partant du fa).

La spirale de Bach

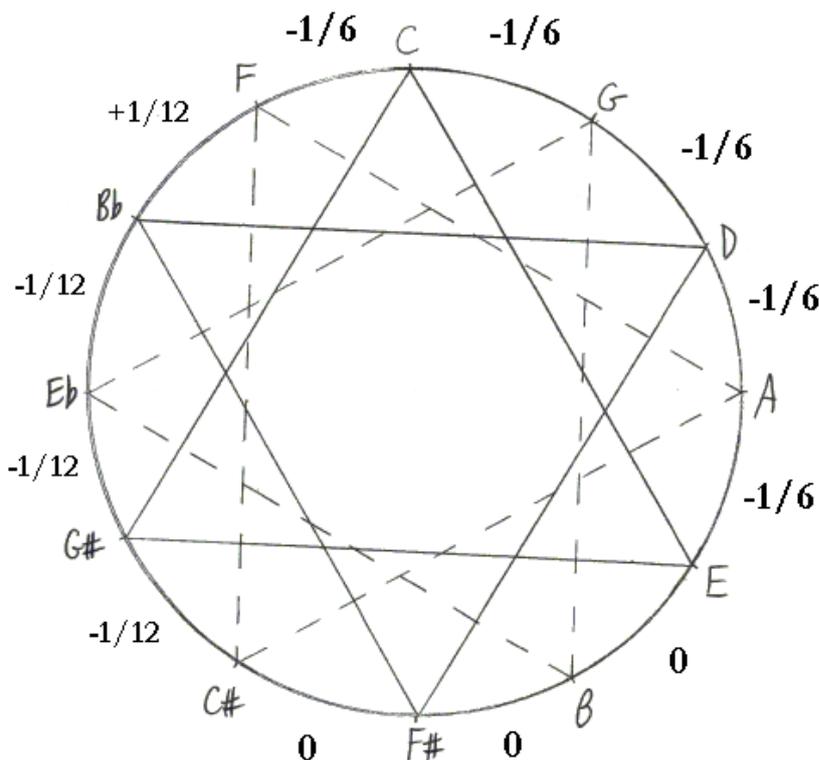
En plus de tous ces tempéraments historiques, l'organiste américain Bradley Lehmann a su interpréter la frise ou spirale à l'envers dessinée par Bach sur la page de titre de son manuscrit des 24 préludes et fugues du clavier bien tempéré, comme étant sa manière d'accorder son clavecin pour jouer dans toutes les tonalités.

LaripS (spiral à l'envers) de Bradley Lehman, retournée dans le sens où Bach l'a tracée, de gauche à droite :



Remarquons que cette frise représente le cycle des quintes de FA à la#. Les 5 premières quintes semblent réduites d'une double boucle, les 3 dernières de 3 simples boucles. Cela fait 13 boucles, qui correspondent donc à 13/12 de comma pythagoricien. Pour faire la correction totale de 1 comma pythagoricien (rappel : différence entre 12 quintes pures et 7 octaves), il faut donc augmenter de 1/12 de comma l'intervalle La#fa.

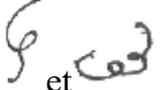
Bach (Clavier Bien Tempéré) d'après Bradley Lehman (découverte en 2004, [Early Music](#) fév 2005) : 5 quintes petites (-1/6 de comma pythagoricien), sur fa, do, sol, ré, la, **3 quintes pures** sur mi, si, fa#, 3 quintes tempérées sur do# sol# et mib, c'est à dire trop petites de 1/12 de comma et sib-fa trop grande de 1/12 de comma. Si l'on prend le comma syntonique comme base de correction, cette dernière quinte est pure.



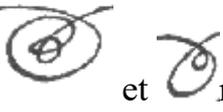
Cycle des quintes de Bradley Lehman en prenant le comma pythagoricien comme base.

Si l'on prend le comma syntonique comme base de correction, il n'y a pas besoin de rajouter de schisma entre sib et fa, cette quinte est pure (0). Ce semble être le choix logique si l'on considère que le tempérament de Bach est un Tartini-Valotti amélioré.

Mais Bradley Lehman semble préférer la version pythagoricienne, et Bach lui-même semble proposer l'alternative (voir plus loin la discussion sur la signification

de  et .)

-le C est après la 1^{ère} boucle, aussi Lehman a interprété cette boucle comme étant la correction de la quinte fa-do. Si l'on considère que c'est la correction de la quinte sur do alors on décale tout d'une quinte. Pourquoi pas ? mais fa-do devient pur ou même plus grand que pur. Ce n'est pas très intéressant. Ce sont les quintes sur mi, si, fa# qui sont pures chez Lehman.

-L'inversion de calligraphie des boucles  et n'exprime pas leur différence de sens (5 plus petites, 3 plus grandes, comme d'autres interprétations de la spirale l'avancent) mais leur rang d'importance : la réduction des 5 premières quintes est primordiale, comme dans tous les systèmes au 1/6^{ème} de comma, donc la double boucle est dessinée en premier, car c'est la base de la réalisation de la partition.

En revanche, l'égalisation des 3 dernières quintes sur do#, sol# et ré# se fait à la fin de la partition, donc Bach a dessiné la petite boucle  après la grande. En fait ces huit quintes sont rétrécies. Si Bach avait voulu schématiser des quintes plus grandes que pures, il aurait logiquement placé cette petite boucle à l'extérieur du cercle de la pureté.

Je pense que la dernière petite boucle à gauche  exprime la pureté "hypothétique" (ce pourquoi elle part en l'air) de la dernière quinte sib-fa. Cette pureté est réalisée dans la version syntonique du tempérament Lehman (voir ci-dessus). Comme l'a bien démontré Lehmann, le dessin se fait de gauche à droite, la page de titre étant retournée, et il est donc bien improbable que Bach ait essayé d'écrire un f à l'envers pour placer le Fa. C'est très difficile à dessiner à la plume en montant.

Le petit dessin de droite,  lui de calligraphie vraiment inversée car il faut retourner la page et reprendre la plume pour le dessiner, exprime l'excès possible d'environ 1/12^{ème} de comma sur cette dernière quinte, si l'on a bien réduit les cinq quintes de l'hexachorde (de fa à mi) de 1/6 de comma pythagoricien. 1/12^{ème} de comma, c'est le schisma, différence entre la quinte pure et la quinte tempérée ou

aussi différence entre le comma syntonique et le comma pythagoricien. Ce graphisme peut aussi signifier : "et ainsi de suite pour les octaves".

On sait d'après Marpurg (*Versuch über die Musikalische Temperatur*) que Bach demandait à Kirnberger qu'il rendit larges TOUTES les tierces majeures. Même si cette relation est en contradiction avec les écrits théoriques de Kirnberger, qui choisit quand même une tierce pure do-mi pour construire ses tempéraments, il paraît incohérent de faire dire à la spirale : deux tierces pures (do-mi puis sol-si) si



l'on décide que la double boucle correspond à la correction au 1/4 de comma. Ce choix de deux tierces pures rend inutilisable de nombreuses tonalités éloignées, ce qui est en contradiction avec l'œuvre qui parcourt les 24 tonalités. Depuis deux cents ans, de nombreux musicologues ont prôné le tempérament égal, l'égalité parfaite pour jouer le clavier bien tempéré. Le génie de Lehman, c'est d'avoir lu cette spirale comme un Tartini-Valotti adouci (il n'y a plus que 3 ou 4 quintes pures au lieu de 6 dans le Tartini Valotti) qui rend toutes les tonalités sympathiques, mais avec leur propre caractère, à l'inverse du tempérament égal où les douze tierces et les 12 quintes ont la même fausseté.

De plus les tempéraments germaniques présentent la particularité d'être des cycles de quintes pures dans lesquels, pour fermer le cercle, on a inclus des quintes réduites totalisant une altération de 1 comma pythagoricien. D'où le qualificatif d'irrégulier donné à ces tempéraments. Voir les explications détaillées sur le site <http://perso.wanadoo.fr/organ-au-logis/Pages/Temperam.htm>

C.P.E. Bach nous le rappelle dans le [Versuch](#) :

*§ 14. Les deux types d'instrument -clavecin et clavicorde- doivent être bien tempérés, étant donné que par l'accord des quintes et octaves et par l'écoute des tierces majeures et mineures et des accords complets, **on retranche à la plupart des quintes la quantité qu'il faut de leur pureté extrême** pour que l'oreille s'en aperçoive à peine, et que l'on puisse bien se servir des vingt-quatre tonalités. En écoutant les quartes on a l'avantage d'entendre plus clairement le battement nécessaire des quintes, parce que les quartes ont leur fondamentale plus basse que les quintes. Si les instruments à clavier sont accordés ainsi, on peut à juste titre les faire passer pour les instruments les plus purs à cause de la pratique, car peu d'instruments sont accordés sans être joués. Sur ces instruments on joue avec une égale pureté des vingt-quatre tonalités, et ceci de manière notoirement polyphonique, bien que l'harmonie mette immédiatement à jour la moindre fausseté à cause des relations. Par cette nouvelle manière de tempérer nous sommes parvenus plus loin que précédemment, bien que l'ancienne était telle que certaines tonalités étaient plus pures que maintenant quand on joue avec d'autres instruments. Chez plus d'un autre musicien on remarquerait plutôt le manque de pureté, sans avoir besoin d'un appareil qui mesure les accords, s'il fallait entendre de manière harmonique les sons produits de manière mélodique.*

Cette mélodie nous trompe souvent, et nous empêche plutôt de ressentir ses sons faux, jusqu'à ce que cette fausseté s'accroisse au point de rejoindre presque celle d'un instrument mal accordé. (J.P.Coulon, trad.)

Justesses d'ensemble

A lire absolument [Beyond Temperament -- Bruce Haynes \(hoboy.net\)](#)

Ou en français [Haynes texte français+sources \(allain-dupre.fr\)](#)

Un directeur du CRR de Toulouse m'avait dit :
Mais pourquoi vous mettez un S à justesses ?

Pour le commun des musiciens Il y a UNE justesse, il y a ceux qui jouent juste et ceux qui jouent faux.

Tous les problèmes soulevés dans ces pages trouvent au contraire une solution favorisée par l'écoute, les compromis entre chacun des instruments présents, les styles de musique par genre mélodique ou harmonique et par époque, qui ont chacun leurs exigences.

Un exemple symptomatique est la formation de quatuor baroque : flûte, violon, viole de gambe et clavecin, dont le fleuron est le trio de l'Offrande musicale de J.S. Bach

La flûte baroque joue les dièses bas et les bémols hauts, en suivant Quantz.

Le violon s'il opte pour des quintes pures aura naturellement des dièses hauts et des bémols plus bas. De plus si sa formation est « romantique », il aura été habitué à la règle de l'attraction de la sensible par la tonique, alors qu'auparavant ce qui importait c'était la pureté de la tierce sur le 5^{ème} degré dans la cadence parfaite.

La viole de gambe sera plutôt tempérée, comme nous l'avons vu chez Mersenne, mais ses frettes en boyau lui permettent de modifier certains écarts.

Le clavecin sera accordé dans un tempérament ordinaire, le mésotonique au 1/6 de comma qui correspond à la division de l'octave en 55 prônée par Telemann et Quantz

Bonne écoute et bonne entente
PAD