

# Tempérament Cordier

## GLOSSAIRE



<<<< **Téléchargé sur le site**  
<http://www.temperamentcordier.org>

## GLOSSAIRE 1

- **BATTEMENTS**

Lorsque l'oreille entend simultanément 2 sons musicaux de fréquences proches, elle perçoit un **battement** : le son cumulé produit est animé d'un « vibrato », dont la fréquence de vibration est égale à la différence entre les fréquences des 2 sons proches.

Exemple : prenons un diapason donnant le « *la* 440 » - le *la* dont la fréquence est de 440 Herz, c'est à dire 440 vibrations par seconde ; écoutons ce diapason « *la* 440 » en même temps qu'un autre diapason « *la* 444 » (444 Hz = 444 vibrations/seconde) : nous allons entendre alors un son cumulé des 2 diapasons animé par un battement, dont la fréquence de vibration est de 4 par seconde ( $444 - 440 = 4$ ).

Pour accorder un piano (et un clavier en général), l'accordeur écoute plus précisément certains intervalles, en particulier les tierces et sixtes majeures, ainsi que leurs redoublements : ces intervalles produisent des battements, qui se produisent dans ce cas par « frottements » d'*harmoniques* émis par chacune des notes de l'intervalle, ou bien entre un harmonique et un fondamental (voir ci-dessous la **figure II** : « Battements »). L'accordeur « compte » les fréquences de ces battements, qui sont appelées « rapidités ».

La perception de ces battements d'harmoniques permet une grande précision de l'accord, en particulier en réalisant des « progressions régulières de rapidités » : les rapidités accélèrent très régulièrement, à l'écoute de progressions chromatiques de tierces ou de sixtes. C'est là la seule manière d'obtenir un tempérament bien égal, et l'oreille atteint alors une précision remarquable, au maximum des possibilités manuelles de réalisation à la clef d'accord.

Ces battements animant les intervalles ont aussi une grande importance esthétique : ce sont eux en effet qui conditionnent en grande part les « couleurs » des accords, ainsi qu'elles sont nommées par les musiciens . La qualité de ces « couleurs » est bien fonction de la qualité de vibration des battements, que l'accordeur doit apprendre à bien faire « chanter » .

**Figure II ci-dessous**

II

# Battements

① Entre deux fondamentaux

La 440 hz                      La 444 hz

Battement : 4/seconde

② Entre un fondamental et un harmonique: 17<sup>e</sup> Majeure pythagoricienne  
(harmoniques entre-parenthèses)

DO  $\approx 65$  hz

Mi  $65 \times (3/2)^4 \approx 329$  hz

Mi harmonique 5  $65 \times 5 = 325$  hz

Battement : 4/seconde

③ Entre deux harmoniques: Tierce Majeure pythagoricienne  
(harmoniques entre-parenthèses)

DO 65 hz

Mi harmonique 4  $82,265 \times 4 \approx 329$  hz

Mi harmonique 5  $65 \times 5 = 325$  hz

Mi 82,265 hz

Battement : 4/seconde

## GLOSSAIRE 2

### • COMMA

Le **comma** est souvent considéré comme un intervalle microscopique, à la limite de ce que peut entendre une oreille musicale. En fait il n'en est rien : une bonne oreille est capable de discerner des différences beaucoup plus précises, de l'ordre du « **savart** », unité qui vaut 1/300ème d'octave – le comma valant 1/53ème d'octave, un savart est donc 5,6 fois plus petit qu'un comma. Mieux encore, avec l'aide des *battements* dont il évalue les « rapidités », l'accordeur est capable d'entendre des différences encore plus précises, de l'ordre du « **cent** », qui vaut 1/1200ème d'octave : il peut ainsi ajuster des intervalles avec une précision de l'ordre du 1/22ème de comma !

Il y a en acoustique plusieurs définitions exactes du comma, qui correspondent à une valeur approchée de 1/9ème de ton :

- Le plus commun est le « **comma de Holder** », ou « comma des musiciens » : sa valeur est de 1/53ème d'octave.
- Le « **comma syntonique** » (dit aussi « zarlinien ») correspond à la différence observée lorsque l'on accorde 4 quintes successives – par exemple *do/sol, sol/ré, ré/la, la/mi* – par rapport à la valeur de l'*harmonique 5* – dans l'exemple, *mi harmonique 5* du *do* (Voir *battements*, **figure II** : « Battements »). D'une part, on a accordé 4 quintes, et donc multiplié 4 fois la fréquence initiale par le rapport de quinte (3/2), ce qui revient à multiplier par 81/16. D'autre part l'harmonique 5 a une fréquence 5 fois plus grande que celle du son fondamental - et  $5 = 80/16$ . Les deux fréquences sont donc proches, mais significativement différentes, et cette différence produit les *battements* qu'utilise l'accordeur.
- Le « **comma pythagoricien** » correspond à la différence obtenue cette fois lorsque l'on accorde 12 quintes successives (en parcourant le *cycle des quintes*), par rapport à 7 octaves. Si l'on part par exemple d'un *la*, comme le *la* le plus grave du piano, on arrive alors après 12 quintes sur le *la* tout en haut du clavier, à 7 octaves du *la* le plus grave (Voir *tempérament*, **figure III** : « Octaves et Quintes »). Mais en accordant 12 quintes, on a multiplié alors 12 fois la fréquence initiale par le rapport de quinte (3/2), c'est à dire par  $3/2^{12}$ , ce qui vaut 129,746 ; alors que en accordant 7 octaves, on multiplie 7 fois par le rapport d'octave (2), c'est à dire par  $2^7$ , qui vaut 128. Là aussi on a donc deux fréquences proches, mais pourtant d'une différence significative.

Le problème du *tempérament* résulte de la présence incontournable du comma pythagoricien, et le comma syntonique conditionne les tierces majeures du clavier. Une quinte raccourcie d'un comma est absolument injouable (la « quinte du loup ») ; une différence d'un comma sépare une tierce naturelle d'une tierce pythagoricienne, qui n'ont vraiment rien à voir (ou plutôt à entendre) pour une oreille musicienne. Le comma est donc bel et bien un intervalle qui est loin d'être négligeable.

## GLOSSAIRE 3

- **CERCLE des QUINTES / CYCLE des QUINTES**

Le **cycle des quintes** fut découvert il y a 25 siècles par Pythagore : les notes de la gamme diatonique - comme notre gamme majeure – sont reliées entre elles par des quintes successives. Ainsi le cycle *fa-do-sol-ré-la-mi-si* engendre la gamme *do ré mi fa sol la si do* .

Ce cycle des quintes « primitif » se trouva agrandi et complété lors de l'invention (médiévale) du clavier à 12 sons chromatiques : en effet les « touches noires » - ou « dièzes » d'un tel clavier sont aussi en rapport de quintes avec les 7 « touches blanches » diatoniques. On peut ainsi continuer le cycle *fa-do-sol-ré-la-mi-si*, avec les quintes *si/fa#*, *fa#/do#*, *do#/sol#*, *sol#/ré#*, *ré#/la#*. Un tel cycle de 11 quintes engendre bien alors 12 notes, 7 « touches blanches » et 5 « dièzes » .

Ce cycle agrandi se trouve, de manière remarquable, pouvoir se « refermer » en quelque sorte sur lui même. Ajoutons en effet une 12ème quinte au cycle de 11 quintes partant de *fa* et aboutissant à *la#*, avec donc la quinte *la#-mi#* : nous aboutissons alors à un *mi#*. Or sur le clavier chromatique, un *mi#* n'est pas autre chose qu'un... *fa* ! On aboutit donc bien à la même note qu'au départ, et le cycle de 12 quintes se referme sur lui-même.

Mais tout n'est pas parfait, et le cycle en fait ne se referme pas exactement sur lui-même : le *mi#* est un peu plus haut ( d'un *comma* « pythagoricien ») qu'un *fa*. Cela s'explique mieux avec l'exemple d'un clavier de piano sur toute son étendue, où le cycle de 12 quintes s'inscrit dans 7 octaves, du *la* le plus grave au *la* le plus aigu. Mais accorder 12 quintes revient à multiplier la fréquence par  $3/2^{12} = 129,746$ , alors qu' accorder 7 octaves c'est multiplier la fréquence par  $2^7 = 128$ . La différence, loin d'être négligeable, c'est le comma pythagoricien. (Voir *tempérament*, **figure III** : « Octaves et Quintes »)

Ce « hiatus » est la cause même du problème du tempérament . Pour mieux visualiser les solutions diverses, où l'on doit répartir le comma pythagoricien sur le cycle des 12 quintes, le cycle est représenté par les théoriciens sous forme de cercle de 12 « quartiers » représentant les 12 quintes : c'est le **cercle des quintes** (voir *tempérament*, **figure IV** : « Tempéraments, Cercles des quintes »).

Cette représentation, bien qu'explicite, est peut-être cependant l'une des causes du fait que le Tempérament Égal à Quintes Justes n'ait été découvert que récemment par Serge Cordier. En effet le cercle des quintes semble se refermer sur la même note, alors qu'en fait le cycle des 12 quintes doit correspondre à un cycle de 7 octaves. Ainsi le comma pythagoricien se répartit-il, dans le T.E.Q.J., non pas sur une seule octave (qui serait alors injouable) mais bien sur 7 octaves (chacune agrandie de 1/7ème de comma), dans un cercle des quintes légèrement « ouvert ».

## GLOSSAIRE 4

### • HARMONIQUES

La hauteur d'un son musical est déterminée par la fréquence de la vibration sonore. Par exemple, si on génère électroniquement une vibration simple de 440 Herz (440 vibrations par seconde), nous entendons le *la* du diapason. Mais un tel son va paraître à notre oreille d'une grande pauvreté sonore, alors que si nous entendons ce même *la* joué par un violon ou une clarinette, cette note nous apparaît d'une sonorité bien plus profonde et riche. C'est parce que le son d'un instrument est fait non seulement de la vibration dite fondamentale – 440 Hz dans l'exemple – mais aussi d'**harmoniques**.

Dans un tel « son musical complexe », le fondamental est « démultiplié » - au sens propre – par des harmoniques, qui sont des vibrations exactement multiples de ce son fondamental. Dans le cas d'une corde vibrante, c'est comme si cette corde vibrait non seulement sur toute sa longueur, mais aussi sur sa longueur divisée en 2, sa longueur divisée en 3, en 4, en 5, etc... la vibration se multipliant alors à chaque fois par le nombre correspondant. Si l'on prend par exemple le *sol* grave d'un violoncelle, qui vibre à environ 100 Hz au son fondamental, les 1er des harmoniques vibre alors à 200 Hz, le 2ème à 300 Hz, le 3ème à 400 Hz, etc... Pour simplifier, on donne en acoustique à chaque harmonique le numéro de rang égal au nombre multipliant la fréquence du fondamental, celui-ci étant alors considéré comme « harmonique » 1 ; le « premier des harmoniques » est alors nommé « harmonique 2 » (fréquence fondamentale x 2), le suivant « harmonique 3 », etc...

Cette organisation de la matière vibratoire sonore, exemple extraordinaire d'organisation fractale, est en fait une démultiplication à l'infini : les harmoniques multiplient le son fondamental sans limite, la seule limite étant notre perception auditive ! Et en fait notre oreille, qui semble « fondre » les harmoniques dans la perception du seul fondamental, perçoit certainement, dans son analyse fréquentielle, non seulement la vibration fondamentale, mais aussi tous les intervalles entre les harmoniques, qui sont tous égaux (en nombre de vibrations par secondes) à cette fréquence fondamentale.

Les harmoniques, entendus par les oreilles humaines depuis la nuit des temps, occupent une place de choix dans la structure de la musique, celle de la production du son. Les différences de timbres sont des différences de production des harmoniques, en particulier de leurs intensités selon leurs rangs. Quant aux intervalles entre les harmoniques (entre les premiers d'entre eux en tout cas), ce sont ceux que l'on retrouve comme composants quasi universels des accords en musique, dans son aspect justement... harmonique :

- l'octave, entre le fondamental (harmonique 1) et l'harmonique 2
- la quinte, entre l'harmonique 2 et le 3
- la quarte, entre le 3 et le 4
- la tierce majeure, entre le 4 et le 5
- la tierce mineure, entre le 5 et le 6

Exemple : si le fondamental est un *do*, l'harmonique 2 est *do* (+ 1 octave), l'harmonique 3 est *sol* (+12ème, 1 octave + 1 quinte), l'harmonique 4 est *do* (+ 2 octaves), l'harmonique 5 est *mi* (+ 17ème, 2 octaves + 1 tierce majeure), l'harmonique 6 est *sol* (+ 19ème, 2 octaves + 1 quinte).

Cette structure permet de comprendre et de calculer simplement les rapports de fréquences qui caractérisent ces intervalles. La **figure I** ci-dessous, « Intervalles Naturels », explique ces calculs de fréquences, en montrant comment un intervalle (dit « naturel ») entre 2 notes présente la correspondance entre 2 harmoniques : ainsi, pour une quinte, l'harmonique 3 de la note inférieure est à la même fréquence que l'harmonique 2 de la note supérieure, et l'on en déduit le rapport de quinte : 3/2. Ces rapports permettent ensuite de calculer toutes les fréquences relatives à une gamme, en connaissant les intervalles qui relient les notes.

La dénomination « Intervalles Naturels », qui définit en acoustique les intervalles entre les harmoniques, renvoie à l'origine effectivement « naturelle » du phénomène, désigné aussi sous les noms de « Génération harmonique », ou « Lois de la résonance naturelle ». Peut-on pour autant assimiler ces intervalles « naturels » à des intervalles « justes » ? Sans doute pour les premiers, l'octave et la quinte ; mais le problème se complique ensuite, car les intervalles vont être plus ou moins modifiés, par rapport à leurs valeurs naturelles, selon les échelles et modes utilisés dans les différentes cultures musicales. Par exemple les tierces et sixtes peuvent être plus ou moins éloignées de leur valeur naturelle, et d'autres intervalles complètement différenciés, comme la septième engendrée par l'harmonique 7 : elle n'a rien à voir avec celle que nous utilisons, et nous paraît donc « fausse ». On rejoint là un aspect essentiel, qui contredit ce qu'ont affirmé de nombreux théoriciens : la justesse n'est pas uniquement « naturelle », elle est aussi, et au moins en grande part, « culturelle » (voir le glossaire : *Justesse naturelle / Justesse culturelle*).

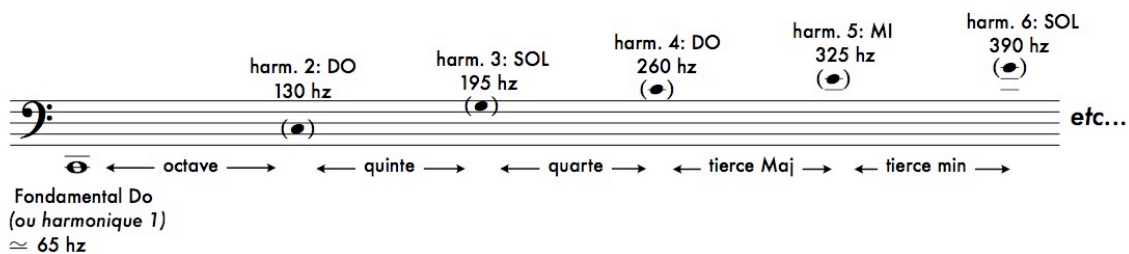
Il faut ajouter enfin que la « Génération harmonique » représente en fait une sorte d'« idéal », où les harmoniques sont bien « purs » et exactement multiples de la fréquence fondamentale. Cet idéal est pratiquement atteint avec les cordes frottées : violon, violoncelle... Mais hélas, et comme l'exprime bien le dessinateur Sempé, « Rien n'est simple, tout se complique... » ! Et pour d'autres instruments on va s'apercevoir, en analysant leurs « spectres harmoniques », que les harmoniques s'éloignent plus ou moins de leurs valeurs théoriques. De tels décalages sont négligeables s'ils sont limités ; mais ils vont prendre parfois, par exemple au piano, des proportions induisant des modifications significatives dans les calculs. On parle alors de « partiels » ou « partiels quasi-harmoniques », et le phénomène, d'une redoutable complexité, est nommé *Inharmonicité* (voir le glossaire).

Figure I

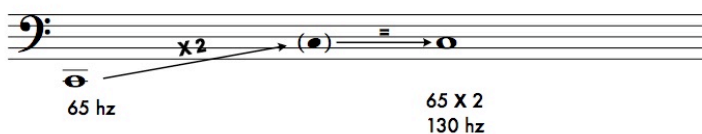
①

# Intervalles naturels

(les harmoniques sont entre-parenthèses)

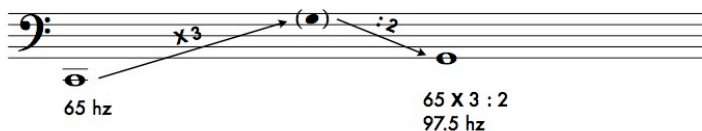


## Octave



Rapport d' **octave** : 2

## Quinte



Rapport de **quinte** : 3/2 (1.5)

## Quarte



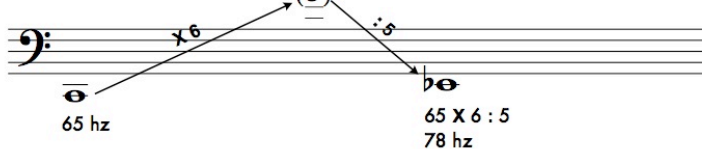
Rapport de **quarte** : 4/3 (1.333)

## Tierce Majeure



Rapport de **tierce Majeure** : 5/4 (1.25)

## Tierce mineure



Rapport de **tierce mineure** : 6/5 (1.2)

## GLOSSAIRE 5

- **INHARMONICITÉ**

La pratique et la théorie de l'accord des pianos doit tenir compte d'un problème important, l'**inharmonicité**, conséquence de la grande tension et « raideur » des cordes. Au lieu d'émettre des *harmoniques* purs, présentant des fréquences en multiples exacts du fondamental, les cordes du piano émettent des « partiels quasi-harmoniques » aux fréquences décalées. Exemple : une corde vibrant à 220 hz (*la* en dessous du diapason) devrait présenter des harmoniques de : 440 – 660 – 880 – 1100 hz, etc... mais en fait cette corde émet des partiels de : 440,22 – 660,92 – 882,29 – 1104,58 hz, etc...

Ce décalage est toujours dans le sens de l'agrandissement, et il augmente en montant dans le rang des harmoniques . Il est suffisant pour créer des différences importantes par rapport aux fréquences théoriques, en particulier en ce qui concerne les *battements* que doit ajuster l'accordeur. C'est une des raisons pour lesquelles les premiers accordeurs électroniques, ne tenant pas compte du phénomène, aboutissaient à des résultats catastrophiques.

Le problème est très complexe, entre autres parce que l'inharmonicité change selon les registres – elle augmente vers l'aigu, et les basses semblent échapper à toutes lois – et elle varie aussi selon les pianos. C'est une grande difficulté du métier d'accordeur : bien maîtriser l'inharmonicité sous ses formes diverses. Quant au théoricien, étudier les conséquences réelles de l'inharmonicité sur l'accord représente une entreprise extrêmement longue et ardue, tant la complexité est grande – un tel travail n'étant d'ailleurs possible qu'avec des moyens poussés d'analyse, grâce à l'électronique et l'informatique.

Serge Cordier avait entrepris une telle étude, poursuivie de nombreuses années, mais il n'a hélas pas eu le temps d'aboutir à la mise en forme définitive qu'il recherchait, pour fixer avec précision la réalisation exacte – différente selon les types de pianos - de son accord en quintes justes : ce travail reste donc à reprendre et à achever. En attendant, ces réalisations exactes – tenant compte de l'inharmonicité - ne peuvent être certifiées que par la pratique transmise par Serge Cordier à ses élèves.

Heureusement ce chercheur extraordinaire a quand même laissé des textes sur le sujet, présentés à la page « Inharmonicité ». Ces premiers travaux intéresseront certainement beaucoup les accordeurs et théoriciens désirant approfondir ce problème complexe et néanmoins très important.

## GLOSSAIRE 6

### • JUSTESSE NATURELLE – JUSTESSE CULTURELLE

Pour évaluer les rapports entre Nature et Culture, la Musique est certainement un terrain d'étude privilégié. Mais la Justesse, pourtant partie constituante de la musique, a elle souvent la réputation d'être exclusivement déterminée par des lois de l'incontournable Nature.

Certes les lois de la résonance portent bien le qualificatif de « naturelle », et les *harmoniques* « conditionnent » les oreilles humaines depuis des dizaines de millénaires à l'écoute des intervalles « naturels » : c'est ce nom même qui définit les intervalles entre les harmoniques. Les premiers de ces intervalles, les plus « consonnants », se retrouvent dans la très grande majorité des cultures musicales humaines, et en tout cas les deux premiers : l'octave et la quinte.

Pourtant la justesse possède aussi une composante culturelle essentielle. Nous l'expérimentons lorsque, en écoutant une musique extra-européenne, nos oreilles sont intriguées par certains intervalles dont la justesse ne correspond pas à ce que nous attendons : cela peut nous sembler « faux » alors que c'est parfaitement juste pour les musiciens exécutant de tels intervalles, avec souvent une précision extraordinaire. Leur oreille est éduquée à cette justesse, et la nôtre ne l'est pas.

Même dans l'histoire interne de la musique occidentale, les « conditionnements » à la justesse ont certainement varié. Il est très intéressant de faire écouter successivement des tierces majeures « naturelles » - correspondant à l'harmonique 5 – puis les mêmes tierces « tempérées » - animées de *battements*. Les nécessités du *tempérament* obligent depuis plusieurs siècles nos oreilles à l'écoute de telles tierces tempérées, et de ce fait beaucoup d'oreilles musiciennes préfèrent les « tempérées » au « naturelles », ces dernières gardant cependant les faveurs de certains.

La Justesse est bien elle aussi un terrain d'étude pour l'évaluation Nature/Culture, et même de manière assez extraordinaire : en effet il est possible d'évaluer les intervalles, avec une grande précision, dans leurs différences entre les valeurs perçues comme justes par les musiciens et les valeurs naturelles. Une telle étude peut être entreprise de manière statistique, auprès de publics musiciens – par exemple dans les conservatoires : deux acousticiens belges, Van Esbroeck et Montfort, avaient déjà mené de telles expériences dans les années 1930, décrites dans leur très intéressant livre : « Qu'est-ce que jouer juste ? » .

La découverte du T.E.Q.J. (Tempérament Égal à Quintes Justes) est un exemple étonnant de cette importance culturelle dans la justesse : en effet, avant d'être formellement découverte par Serge Cordier, cette technique d'accord a déjà été pratiquée par certains accordeurs, qui se laissent alors guider par leur goût musical, jusqu'à contredire ce qu'ils ont appris à faire – raccourcir les quintes ; plus étonnant encore, ce goût même a été « culturellement » façonné par la justesse pratiquée, là aussi complètement intuitivement, par les musiciens de l'orchestre ! En effet on sait que l'orchestre joue avec une gamme de référence s'inscrivant dans un tempérament égal : or l'accord « à vide » des cordes de l'orchestre, en quintes justes, ne peut s'inscrire que dans un tempérament égal comprenant ces quintes justes, et ce ne peut donc être que le T.E.Q.J. . Ce n'est pas un hasard si les chefs reconnaissent, sur un piano accordé en quintes justes, les « couleurs » qu'ils demandent à leur orchestre. C'est donc bien la pratique musicale, le culturel, qui a inventé cette justesse, avant même qu'elle ne soit découverte par Serge Cordier.

## GLOSSAIRE 7

- **PARTITION**

La «Partition» est le partage initial qu'effectue l'accordeur, pour établir les rapports exacts entre les douze  $\frac{1}{2}$  tons, réalisant ainsi le *tempérament* du clavier. Cette première opération, effectuée sur une octave (parfois une octave + une quinte) au centre du clavier, est primordiale pour la qualité de l'accord : en effet les rapports initiaux sont ensuite reproduits à l'aigu et au grave, ainsi donc que les erreurs éventuelles.

La partition est la phase la plus délicate de l'accord, surtout quand elle réalise un tempérament égal – seul un tel tempérament d'ailleurs étant historiquement concevable sur un piano. Il s'agit d'une sorte de rébus, où l'accordeur doit utiliser le maximum de relations entre les notes qu'il accorde au fur et à mesure, pour bien « retomber sur ses pieds » quand le *cycle des quintes* est achevé.

La seule manière de faire une belle partition, dans un tempérament égal, est de réaliser des « progressions de rapidités » de *battements*, en particulier de tierces et sixtes. L'accordeur règle très précisément les fréquences (« rapidités ») des battements de manière à ce que leurs accélérations soient bien régulières, à l'écoute de progressions chromatiques. Ainsi seulement peut être garantie une bonne égalité du tempérament, à savoir des rapports de fréquences égaux entre les intervalles. Cette méthode, connue en France sous le nom de « Méthode Pleyel », est appliquée depuis au moins le début du XXème siècle.

La partition mise au point par Serge Cordier pour réaliser son « Tempérament Égal à Quintes Justes » reprend cette méthode, et débute par le partage dit « des 3 tierces » bien connu des accordeurs. Elle utilise des « ancrages », des points fixes permettant d'éviter les erreurs que peuvent produire les partitions « en chaîne », où les notes sont accordées par cycle de quintes et quarts, et où les décalages peuvent se cumuler. La justesse des quintes est contrôlée par une égalité de rapidité de battements (isochronie) : par exemple la quinte *Fa/Do* est contrôlée par l'égalité de battements entre la sixte majeure *Lab/Fa* (avec le *Lab* inférieur) et la dixième majeure *Lab/Do* (avec le même *Lab* inférieur).

En plus de ses primordiales qualités esthétiques, reconnues par les musiciens, l'accord Cordier présente l'avantage technique d'une partition plus évidente à la réalisation, et par conséquent certainement plus accessible à l'apprentissage.

## GLOSSAIRE 8

### • TEMPÉRAMENT

Depuis l'invention médiévale des claviers à 12 sons chromatiques, le Tempérament a suscité de nombreux débats et controverses. Que veut dire « tempérer » un clavier ? Et pourquoi est-on obligé de le faire ?

#### UN COMMA D'ÉCART

Notre musique « tonale », qui peut transposer dans les 12 tons, est possible grâce à une coïncidence remarquable : le « produit » de 12 quintes (soit multiplier 12 fois par le rapport de quinte) est presque égal au produit de 7 octaves. Cela fait que, partant par exemple d'un *la*, si l'on parcourt le *Cycle des quintes*, on retombe presque sur un *la* ; c'est d'ailleurs la façon la plus logique d'accorder les 12 notes du clavier : on part du *la* du diapason et on accorde 12 quintes, ou plutôt, ce qui revient au même, 12 quintes et quartes, pour rester dans la même octave. On termine alors le cycle presque sur le même *la*. Mais tout n'est pas parfait, et il y a un presque, sous la forme d'un *comma* d'écart – qui n'est pas du tout négligeable (voir l'article « *comma* »).

Pour poser clairement le problème, il faut le décrire linéairement, soit comme sur l'étendue d'un clavier de piano (voir ci-dessous **figure III** « Octaves et Quintes ») : partant du *la* le plus grave, on peut aboutir au *la* le plus aigu soit en passant par 7 octaves, soit en passant par 12 quintes. Mais le résultat n'est pas le même : le produit de 7 octaves (rapport d'octave : 2 – voir *Harmoniques*

**figure I** « Intervalles naturels ») est égal à 2 multiplié 7 fois par lui-même, soit  $2^7 = 128$ , alors que le produit de 12 quintes (rapport de quinte :  $1,5 = 3/2$ ) est égal à  $3/2$  multiplié 12 fois par lui-même, soit  $3/2^{12} = 129,746$ . La différence est égale à un comma, en l'occurrence le « comma pythagoricien ».

La présence irréductible de ce comma est la cause de l'obligation d'un « tempérament », et tempérer le clavier consiste en fait à répartir ce comma d'écart. Cette opération est structurellement incontournable : un accord de clavier « non tempéré », contrairement à ce qu'on peut lire parfois, est impossible. Seule existe la différence entre « tempérament inégal » - où le comma est réparti inégalement – et « tempérament égal » - où la répartition est égale.

#### HISTORIQUE

Pour visualiser le problème, les théoriciens ont décrit le tempérament sous la forme du « cercle des quintes » : un cercle divisé en 12 quartiers figurant les 12 quintes du cycle. Ainsi voit-on facilement à quelles quintes s'applique la répartition du comma pythagoricien (voir ci-dessous **figure IV** « Tempéraments »).

La première solution, le Tempérament Pythagoricien médiéval (**fig.IV – 1**), consiste à simplement retrancher le comma entier à la dernière quinte du cycle. Le cycle débute sur *Mib*, afin que la dernière quinte, altérée, soit l'intervalle *Sol# / Mib* (pour une véritable quinte il faudrait *Sol# / Ré#*, mais un *Ré#* différent – de 1 comma – du *Mib*). En effet cette quinte – très fautive, c'est la fameuse « quinte du loup » - est totalement impraticable, et les tonalités praticables - au nombre de 6 seulement – sont alors centrées autour de *Do* majeur (avec les seules altérations possibles : *Fa# / Do# / Sol #* et *Sib / Mib*).

A la Renaissance, les théoriciens découvrent les harmoniques, et s'aperçoivent que les tierces majeures « pythagoriciennes », obtenues par un cycle de 4 quintes justes ( par ex. *Do-Sol-Ré-La-Mi*), ne sont pas confondues avec les tierces « naturelles », engendrées par l'harmonique 5 (voir *Battements* **fig. II** ). L'écart est de – par coïncidence extraordinaire et simplificatrice ! - ... 1 comma, comma dit « syntonique » et assimilable au comma pythagorien. Puisque 4 quintes justes engendrent une tierce naturelle + 1 comma, la seule solution pour obtenir des tierces naturelles est donc de raccourcir les quintes de  $\frac{1}{4}$  de comma : c'est le tempérament « Mésotonique », en usage au XVIIème siècle (**fig. IV – 2**). Si la justification historique de cet usage est indéniable, il n'est pas sûr que ce tempérament ait alors plu à toutes les oreilles, entre autre à cause des quintes très altérées et malgré l'obtention de tierces naturelles. On peut y voir un exemple de mainmise des théoriciens sur l'accord, selon des références - alors en vogue philosophiquement – à une prétendue prééminence de la « Nature » (voir *Justesse Naturelle – Justesse Culturelle* ). De plus le Mésotonique présente encore une quinte « du loup » impraticable : en effet, les quintes étant raccourcies d'un quart de comma, le comma pythagorien est compensé après 4 quintes du cycle, après 8 quintes on a un comma en trop, et la dernière quinte doit supporter un agrandissement d'1 comma  $\frac{3}{4}$ , ce qui la rend aussi totalement injouable.

Et désormais, au début du XVIIIème siècle, l'évolution du langage musical vers une plus grande liberté tonale ne va plus admettre de se voir interdire la moitié des tonalités possibles. Pour éviter la « quinte du loup », on va répartir le comma « pythagorien » sur plusieurs quintes – en essayant de « ménager la chèvre et le chou », en l'occurrence les quintes et les tierces. Ces tempéraments sont nommés « Tempéraments de transition » (deux exemples : **fig. IV - 3 et 4**). Mais le nombre de solutions pratiquement illimité, selon le nombre de quintes à tempérer et leurs places dans le cycle, va induire une multitude de ces tempéraments, présentant des « couleurs » de tierces très différentes selon les tonalités. Les musiciens ne pouvant plus alors s'y retrouver, cette inflation de tempéraments va provoquer leur perte.

## LE TEMPÉRAMENT ÉGAL

Le « Clavier Bien Tempéré » de Bach, cette Bible des musiciens, est la démonstration magistrale de l'évolution en cours : toutes les tonalités doivent maintenant être accessibles. Cette œuvre visionnaire est composée alors que les tempéraments de transition sont encore en usage - sans doute en référence au tempérament « Werckmeister III », **fig. 4 – 3**. Mais le mouvement va rapidement aboutir au langage tonal généralisé, où les tonalités ne peuvent plus être opposées entre elles, en particulier par des tierces trop différentes.

C'est alors que va s'imposer le tempérament égal, afin que les compositeurs puissent disposer désormais d'une « palette de tonalités » fiable, dans un langage commun. Avec le récent regain d'intérêt pour la musique baroque sont aussi réapparues les controverses, les partisans des tempéraments inégaux reprochant au tempérament égal son uniformisation. Certes cette égalité donne une homogénéité entre les tonalités – cela va justement dans le sens d'une musique tonale de plus en plus complexe – mais cela n'empêche pas les musiciens de reconnaître toujours des « couleurs » particulières aux tonalités qu'ils utilisent. En tout cas le fait historique est là : cautionné par les plus grands compositeurs comme Rameau et très probablement Bach à la fin de sa carrière, le tempérament égal voit alors son adoption se généraliser.

Comme son nom l'indique, le tempérament égal répartit également le comma pythagorien. La solution la plus immédiate apparaît : puisqu'on a un comma en trop sur le cycle de 12 quintes, on va « tempérer » - en l'occurrence raccourcir – chaque quinte de  $\frac{1}{12}$ ème de comma. C'est la structure de la « Gamme Bien Tempérée Traditionnelle » (« Octaves et Quintes » **fig. III A**, et sur

le cercle des quintes **fig. IV – 5**). C'est ce tempérament qui est la norme en usage, du moins théorique, jusqu'à nos jours.

## LE TEMPÉRAMENT ÉGAL À QUINTES JUSTES

En observant le problème des octaves et des quintes, une autre solution pour un tempérament égal, très simple également, se révèle : puisque 12 quintes égalent 7 octaves plus 1 comma, on peut aussi répartir le comma en l'appliquant non plus aux quintes, mais aux octaves. Les octaves sont alors « tempérées » (cette fois en agrandissant) de 1/7<sup>ème</sup> de comma chacune. C'est la structure du « Tempérament Égal à Quintes Justes » (T.E.Q.J.) découvert par Serge Cordier en 1972 (« Octaves et Quintes » **fig. III B**).

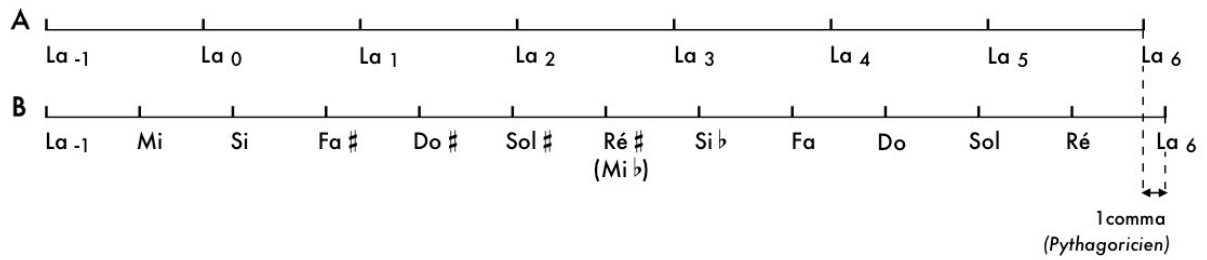
Ce nouveau tempérament a révélé des qualités musicales remarquables, reconnues par de très grands musiciens. Comme beaucoup de découvertes importantes, celle-ci présente une grande simplicité théorique, et l'on peut évidemment se demander pourquoi personne n'y a pensé plus tôt !? Sans doute pour plusieurs raisons : d'abord une sorte de « tabou » sur l'octave, intervalle paraissant impossible à tempérer – et pourtant c'est possible, agrandir légèrement les octaves rejoignant même la pratique intuitive des musiciens libres de leur hauteur. De plus la représentation du « Cercle des quintes » a pu occulter la possibilité de procéder ainsi : sur ce cercle on semble retomber sur la même note, alors que ce tempérament répartit bien sur 7 octaves (et non sur une seule) le comma excédentaire. Le tempérament « Cordier » se représente sur un cercle des quintes légèrement « ouvert » (« Tempéraments » **fig. IV- 6**).

Serge Cordier lui-même, étonné d'être le premier à avoir pensé à cet accord, a aussi trouvé la justification la plus étonnante à sa découverte : ce tempérament a déjà été intuitivement découvert par certains accordeurs, et même il est aussi utilisé comme référence par les musiciens de l'orchestre ! Il fallait cependant quelqu'un pour l'identifier et le mettre au point, et Serge Cordier a été le premier à le faire, tout simplement aussi parce qu'il fut sans doute le premier à réunir les trois compétences nécessaires : celle du musicien, celle du théoricien, et la plus indispensable, celle de l'accordeur.

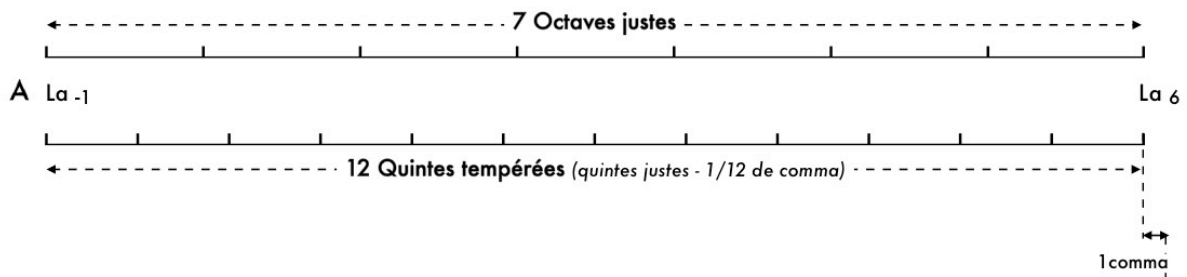
### Figures III et IV ci-dessous

III

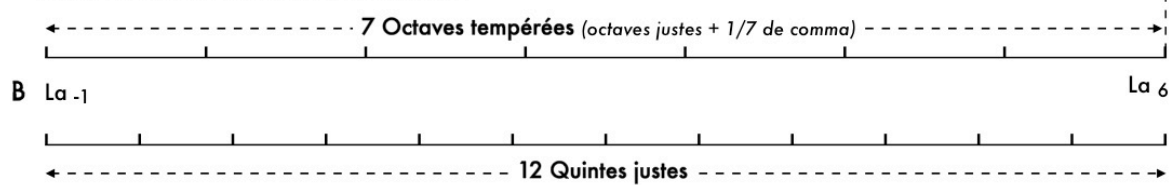
# Octaves et Quintes



Gamme bien tempérée traditionnelle (GBT)



Tempérament égal à quintes justes (TEQJ)



**A** : Fréquence La <sub>6</sub> = Fréquence La <sub>-1</sub> × 2<sup>7</sup> = Fréquence La <sub>-1</sub> × 128

**B** : Fréquence La <sub>6</sub> = Fréquence La <sub>-1</sub> ×  $\left(\frac{3}{2}\right)^{12}$  = Fréquence La <sub>-1</sub> × 129,746

