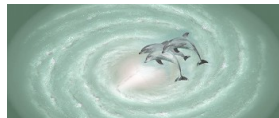


# Les notes de musique doivent-elles être normalisées par un diapason (LA 440, LA 432 ou autre)?

## Les aléas historiques de la fréquence du LA

**Alain Boudet**  
Dr en Sciences Physiques  
[www.spirit-science.fr](http://www.spirit-science.fr)



### Résumé:

Depuis 1953, une norme internationale recommande d'accorder les instruments de musique à la fréquence de 440 hertz pour le LA. C'est une volonté récente, car dans le passé, on ne s'intéressait qu'aux intervalles entre les notes et on ne savait pas mesurer leur fréquence.

Fixer un diapason à 1 Hz près a un sens purement technique car musicalement, les notes émises par les instruments sont fluctuantes et varient avec la température et le souffle. Lorsque vous entonnez une chanson, vous ne vous souciez pas du diapason. La nécessité d'un diapason commun est apparue pour des motifs pratiques et commerciaux, afin de faciliter la musique professionnelle d'ensemble et la fabrication des instruments.

Au moins jusqu'au 18<sup>e</sup> siècle, le diapason des instruments variait d'un endroit à l'autre, d'une époque à l'autre et d'un instrument à l'autre. Puis des tentatives de normalisation ont été effectuées, mais le choix des valeurs retenues a suscité des controverses, qui ne se sont pas éteintes avec la normalisation internationale de 1953.

Le choix d'un diapason plus haut ou plus bas peut affecter le rendu sonore et la performance vocale des chanteurs lorsqu'il s'agit d'interpréter des œuvres écrites dans le passé. L'essentiel est l'impact émotionnel et physique de la musique sur l'auditeur. Il résulte de paramètres complexes qui dépassent de loin la question du diapason.

### Contenu

- [Les différents sens du mot diapason](#)
- [La mesure des intervalles par les longueurs de corde](#)
- [La mesure des fréquences sonores](#)
  
- [La plasticité des notes instrumentales](#)
  - [La pression du souffle](#)
  - [La température ambiante](#)
  
- [Quel est l'intérêt de fixer un diapason?](#)
  - [Je chante seul](#)
  - [Le chanteur au Moyen-Âge](#)
  - [La solmisation](#)
  - [La notation moyenâgeuse n'indique que des intervalles](#)
  - [Je chante en groupe](#)
  - [Je chante en étant accompagné par un instrument](#)
  - [Transposition](#)
  - [Les ensembles de musiciens](#)
  - [Accordage instrumental à la Renaissance et à l'époque baroque](#)
  - [La transposition entre instruments](#)
  - [Le besoin pratique de consensus](#)

- [L'accordage des instruments anciens](#)
  - [Les méthodes de relevé des diapasons anciens](#)
  - [Un ton pour l'église, un autre pour l'orchestre, un autre pour l'opéra](#)
  - [Variations entre instruments](#)
  - [Évolution selon les époques](#)
  - [Plus haut?](#)
- [Vers un diapason international unique](#)
  - [Tentatives de normalisation](#)
  - [Réactions en Europe](#)
  - [Les diapasons dits "scientifiques": DO 256 et LA 432](#)
  - [1939, le LA 440](#)
  - [Les applications approximatives de la norme](#)
- [Choix d'un diapason: plus haut ou plus bas?](#)
  - [Préserver la voix des chanteurs](#)
  - [Le rendu sonore des instruments](#)
- [Diapason et standardisation industrielle](#)
  - [Produire à l'échelle mondiale](#)
  - [L'établissement de normes industrielles](#)
- [Dans la création, tout est rapport](#)
  - [Mouvements dans l'espace](#)
  - [La mesure des longueurs](#)
  - [La Terre, la seconde et le hertz](#)
  - [La géométrie de la nature et du cosmos](#)
- [Pour une musique vivante](#)
  - [Le sentiment de l'auditeur](#)
  - [L'intonation et les rapports entre notes](#)
  - [L'effet des fréquences sur l'âme et le corps](#)
  - [Pensées et intentions](#)

#### **annexes**

- [Hexacordes et solmisation au Moyen-Âge](#)
- **[En savoir plus](#)**

Dans mes articles sur la musique, nous avons constaté que l'identité d'un mode musical repose sur la valeur des **intervalles** entre les notes qui le constituent, autrement dit sur les **rapports** que les notes ont entre elles. Nous indiquons par exemple que deux notes sont distantes d'une tierce ou d'une quinte (*voir Défilés de modes*). Nous avons également précisé qu'il y avait plusieurs valeurs possibles de la grandeur de cette tierce ou de cette quinte, selon le système d'intonation choisi, gamme tempérée ou autre (*voir Ton et intonation juste*).

Cela dit, à aucun moment nous n'avons défini une hauteur pour une note seule, isolée, un LA ou un DO par exemple, sans la relier à une autre. Autrement dit, nous n'avons pas porté d'attention à la **hauteur absolue des notes**. **Elle n'est pas intervenue dans les définitions et les choix des modes musicaux.**

Cette absence de référence à une hauteur fixe était de mise dans la pratique musicale du passé jusqu'au 18<sup>e</sup> siècle, qui ne considérait que les intervalles entre les notes. Mais il est apparu récemment le **besoin pratique de fixer la hauteur d'une note de référence, hauteur nommée le diapason**, d'abord le DO puis le LA.

De nos jours, tout chœur, avant d'exécuter une œuvre, prend le ton, c'est-à-dire que le chef entonne la première note qui sera chantée par chacune des voix, **en se référant au diapason admis**. De même, les musiciens d'un orchestre règlent leurs instruments afin que leur LA ait la hauteur assignée.

Nous sommes tellement habitués à faire référence au diapason de fréquence **440 Hz**, fréquence produite par l'objet métallique en forme de fourche nommé également *diapason*, ou par son homologue électronique, que nous ne nous demandons plus pourquoi et comment cette valeur a été déterminée. Il nous semble que cela fait partie des choses normales qu'on ne discute pas.

Or c'est faux. **Le diapason, au contraire, a été beaucoup discuté au moment où il est apparu dans l'histoire et il se discute encore maintenant.**

La normalisation du LA à 440 Hz est une recommandation internationale récente qui n'est pas obligatoire et n'est pas forcément respectée. C'est pourquoi, dans le monde, les fréquences du LA adoptées par les **orchestres** s'étalent sur une certaine plage. Elles sont souvent plus hautes que 440, par exemple 442 ou 444 Hz (*voir le site de [Franz Nistl](#), accordéur de piano*).

En contraste avec cette normalisation, l'accordage des **instruments anciens** au cours des 15<sup>e</sup> à 19<sup>e</sup> siècles s'étalait sur une plage d'environ 3 tons.

Depuis deux siècles environ, certains musiciens ont milité, ou militent actuellement, en faveur d'une valeur bien particulière du diapason. Les uns réclament un LA de 432 Hz, d'autres un DO de 256 Hz, d'autres un MI de 528 Hz, etc., chacun estimant qu'il prône la meilleure valeur pour des raisons très éclectiques, parfois étayées, parfois circonstanciées, parfois étranges ou imaginaires.

Cette situation nous amène à nous poser quelques questions:

- Comment est apparu le besoin d'une normalisation du diapason?
- Qu'est-ce qui a présidé au choix de la valeur de 440 Hz pour le LA? À partir de quelles données et de quels critères?
- Cette valeur est-elle judicieuse, a-t-elle un fondement musical ou humain?
- Devons-nous suivre cette recommandation, ou choisir une autre valeur?
- Est-il même souhaitable d'imposer une quelconque norme de diapason?

C'est ce que j'explore dans cet article. Je ne donne pas de réponse définitive sur le choix d'une valeur ou d'une autre. Je montre essentiellement la réalité de la pratique musicale et son rapport avec les aspirations des êtres humains. Le reste est affaire de gout personnel et de circonstances.



## Les différents sens du mot *diapason*

La **hauteur de la note choisie comme référence** (actuellement LA, anciennement DO ou FA) est appelée le **diapason** (en anglais *concert pitch*, en allemand *Kammerton*).

Ce sens récent dérive de sens anciens bien différents. Dans son *Encyclopédie*, **Denis Diderot** (écrivain et philosophe français, 1713 - 1784) relate en **1780**:

*DIAPASON: Intervalle de l'octave selon les anciens.*

Il ajoute deux autres sens qui ne se réfèrent pas du tout à une hauteur fixe:

*Tables dont se servent les facteurs d'instruments de musique.*

*Étendue des sons convenable à une voix ou à un instrument.*

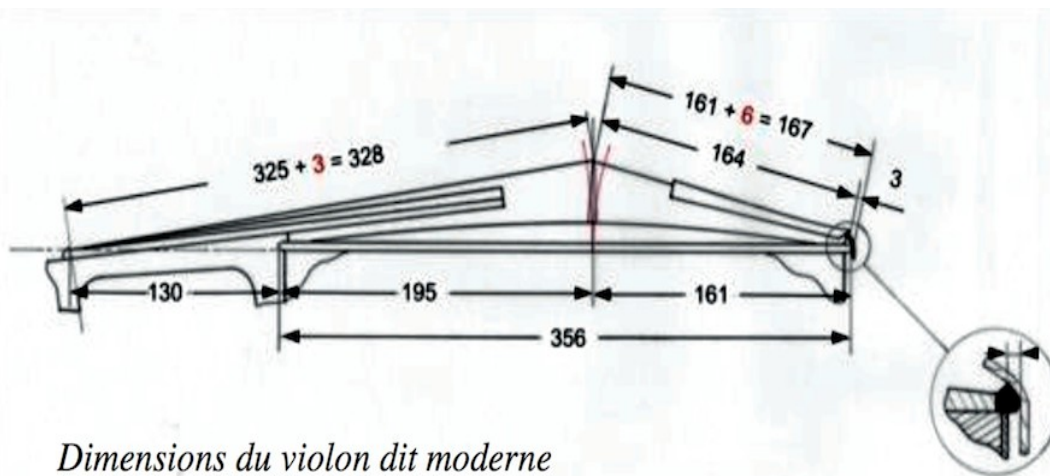
Pour disposer d'un repère pour cette "étendue convenable", les chanteurs et instrumentistes se sont servi d'instruments qui font entendre une note témoin et qui ont été nommés diapason.

L'instrument - que j'appellerai *diapason-fourche* - est constitué d'une fourche en métal qui vibre et émet ce son lorsqu'on la frappe. La hauteur du son peut être ajustée en modifiant la hauteur des branches. Son invention est attribuée au trompettiste et luthiste anglais **John Shore** (1662-1752) en **1711**. Le son émis est faible et pour mieux l'entendre, on doit poser l'instrument sur un résonateur, par exemple un petit caisson en bois, ou tout simplement sur le dessus d'un meuble.

*Par dérivation, [la note témoin] étant habituellement le LA 3, on en est venu à parler du « la du diapason », puis de « diapason » tout court. (Jacques Chailley, [Encyclopédia Universalis](#))*

Ces instruments mécaniques sont de plus en plus remplacés par des appareils électroniques et d'excellentes "applis" pour téléphones mobiles qui produisent les fréquences sonores désirées.

Le mot *diapason* est également employé **pour les instruments à corde comme le violon ou la guitare** pour désigner la **longueur de la partie vibrante de la corde** à vide. Ainsi pour le violon, le diapason est la longueur depuis le chevalet de la table jusqu'au sillet de la tête de manche, qu'on divise en deux parties, du chevalet jusqu'au rebord de la table et de ce rebord jusqu'au sillet.



*Dimensions du violon dit moderne*

*Dessin de [Christian Urbita](#), luthier à Cordes sur Ciel.*

*Reproduit de: [Quelle longueur de corde vibrante pour le violon d'aujourd'hui ?](#)*

## La mesure des intervalles par les longueurs de corde

Puisque la hauteur de la note LA est fixée par sa **fréquence**, il serait bon de s'interroger sur le sens musical de ce mot. Parler de la *fréquence d'un son musical* semble banal, mais c'est historiquement très récent. Cette notion a été introduite par les physiciens, plus exactement les acousticiens, à partir du 17<sup>e</sup> siècle. Elle s'est répandue plus tard chez les musiciens par l'usage d'instruments de mesure modernes, surtout électroniques. (*Pour plus de détails, voir l'article: [Histoire de la notion de fréquence sonore](#)*)

**Traditionnellement, en musique, on ne parlait pas de la hauteur absolue d'un seul son, mais de la différence de hauteur entre deux sons (hauteur relative)**, autrement dit de la grandeur des **intervalles** entre sons.

On exprime la grandeur de ces intervalles en **tons** et en demi-tons, ou encore en *comma*, qui vaut environ 1/9<sup>e</sup> de ton ou 22 cents. Le **cent** est par définition 1/100<sup>e</sup> de demi-ton (un demi-ton = 100 cents), et il y a 1200 cents dans une octave (*voir article [Sons: hauteur et fréquence](#)*).

*Lorsqu'on a été capable de mesurer des fréquences, on a déterminé que le demi-ton, dans le système de tempérament égal, équivaut à un rapport de fréquences de **1,0595** et que le ton équivaut à un rapport de **1,1225**.*

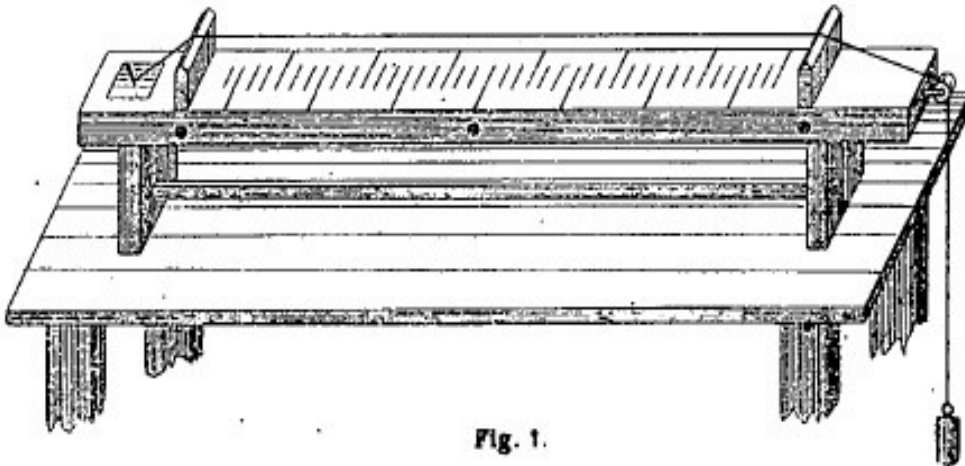
### Le monocorde

Puisqu'on ne savait pas mesurer des fréquences, comment les musiciens déterminaient-ils la valeur des intervalles entre les notes? Par exemple comment le philosophe grec **Pythagore** (vers 580 - vers 495 av.J.C.) pouvait-il définir les quintes, les tons et le comma?

Pythagore étudiait les sons musicaux à l'aide d'un instrument qu'il avait construit. Dans un ouvrage de 1706 intitulé *La Vie de Pythagore, ses symboles, ses vers dorez et la vie d'Hiéroclès*, **André Dacier** écrivait: [Pythagore] fit un instrument de la muraille de la chambre, avec des pieux qui tenaient lieu de chevilles et des cordes d'égale longueur, au bout desquelles il attacha différents poids, et en frappant plusieurs de ces cordes ensemble, il en formait différents accords et s'instruisait par là des raisons de cette différente harmonie, et des intervalles qui la causaient; et pour cela il fit le célèbre canon d'une seule corde, qui fut appelée **le canon de Pythagore**, où il marqua toutes les proportions harmoniques. (*kanon* en grec = la loi, la règle)

Le canon est aussi appelé **monocorde**. **C'est en mesurant la longueur de la partie vibrante de la corde qu'on pouvait déterminer des intervalles avec précision.**

Au Moyen-Âge et à la Renaissance, on étudiait les sons avec un monocorde, variante de celui de Pythagore. **Boèce**, philosophe et homme politique romain (vers 480 - 524), dans son traité *De institutione musica*, transmet de nombreux éléments théoriques et pratiques sur son utilisation.



Un exemple de monocorde  
Extrait de: *La musique et les musiciens*,  
Albert Lavignac, 1938, p.7, édition numérique [Gallica](#)  
Merci à [Metronimo](#)

**Guido d'Arezzo**, moine bénédictin italien (992 - apr. 1033) en étendit l'usage et trouva des procédures plus simples pour déterminer les intervalles, qu'il décrit dans son traité *Micrologus de disciplina artis musicæ*.

Selon **Denis Diderot** dans son *Encyclopédie* de 1765, *Le monocorde ancien était composé d'une règle divisée et subdivisée en plusieurs parties sur laquelle il y avait une corde de boyau ou de métal médiocrement tendue sur deux chevalets par les extrémités; au milieu de ces deux chevalets, il y en avait un autre mobile par le moyen duquel, en l'appliquant aux différentes divisions de la ligne, on trouvait en quel rapport les tons étaient avec les longueurs des cordes qui le rendaient. [...]*

Lorsque la corde est divisée en deux parties égales, de façon que les parties soient comme 1 à 1, on les appelle **unisson**; si elles sont comme 2 à 1, on les nomme **octave** ou **diapason**; comme 1 à 3 **quinte** ou diapente; comme 4 à 3, **quarte** ou diatesseron; comme 5 à 4, diton ou **tierce majeure**; comme 6 à 5, demi-diton ou **tierce mineure**; enfin comme 14 à 25, demi-diton ou **dièse**.

## Le son de la corde libre

Dans le monocorde, la hauteur du son émis par la corde entière en vibration n'est pas fixe. Elle dépend de plusieurs paramètres.

**La hauteur du son de la corde libre dépend de la longueur** entre les deux chevalets extrêmes (longueur de corde vibrante). Plus courte est la corde, plus haut est le son.

La hauteur dépend aussi de **la grosseur de la corde**. Dans les instruments où l'on a plusieurs cordes, la grosseur peut varier d'une corde à l'autre et la comparaison des sons ne peut être faite que par les longueurs mesurées sur une même corde.

Enfin, la hauteur dépend de **la tension de la corde**. La corde du monocorde est tendue au moyen d'un poids de valeur donnée. La tension change d'un jour à l'autre ou d'un moment à l'autre en fonction des fluctuations des caractéristiques physiques de la corde sous l'effet de la température et de l'humidité. Le son produit change donc pareillement.

**La corde ne fournit donc pas de son fixe de référence.**

## La corde divisée

Dans leurs expérimentations, ces érudits inséraient un chevalet mobile pour partager la corde en fractions simples. La position du chevalet mobile était repérée sur une règle graduée au moyen de lettres (qui deviendront bien plus tard les noms des clés), et on comparait le son émis par les deux fractions de corde en fonction du rapport de leurs longueurs.

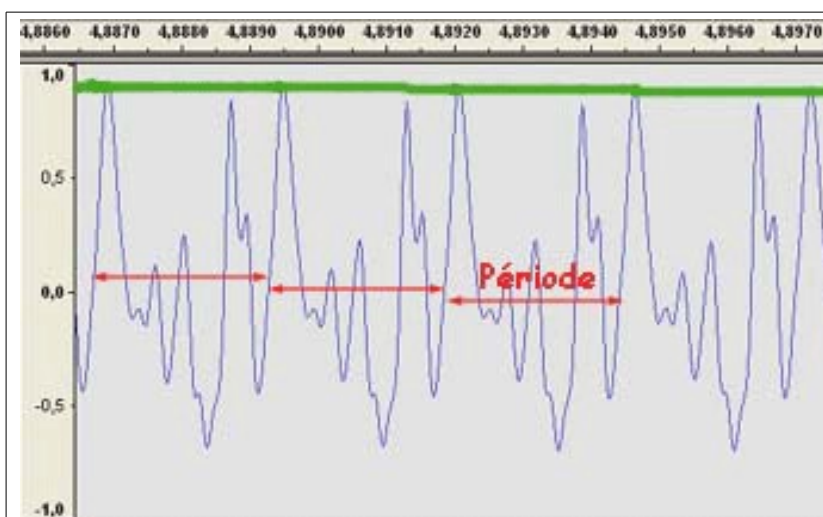
Comme le dit Diderot, diviser la corde en 3 parties en plaçant le chevalet au  $\frac{1}{3}$  ou  $\frac{2}{3}$  de sa longueur produit la *quinte*. La diviser en 5 produit la *tierce*. La tierce n'était pas prise en considération par Pythagore qui n'utilisait que les quintes et le rapport  $\frac{2}{3}$  dans l'élaboration de ses modes. La tierce juste avec son rapport  $\frac{4}{5}$  sera introduite dans la gamme par **Gioseffo Zarlino**, compositeur italien de la Renaissance (1517-1590) (*voir article [Ton et intonation juste](#)*).

**Dans toutes les études rapportées depuis Pythagore jusqu'à la Renaissance, il n'est nullement question de sons fixes de référence.** On ne mentionne que des rapports de longueur de corde. La hauteur de la corde à vide était fluctuante selon le moment. La notion de hauteur absolue était étrangère à la mentalité des musiciens. La notion de fréquence n'existait pas encore.

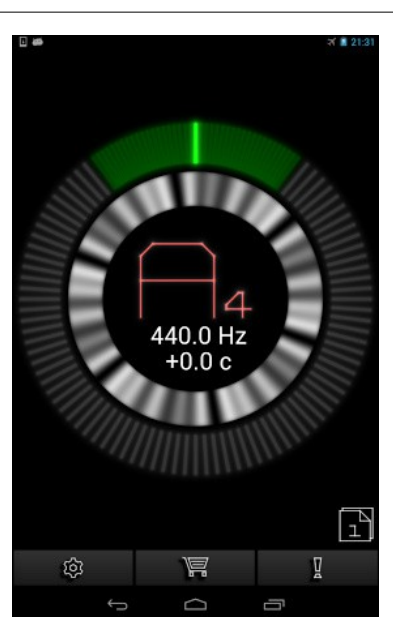
## La mesure des fréquences sonores

Les études scientifiques du 19<sup>e</sup> siècle ont démontré et précisé les caractéristiques vibratoires du son. La découverte de l'électricité a suscité l'invention d'appareils d'enregistrement et de mesure (microphone, oscilloscope...) qui affichent et donnent toutes les caractéristiques physiques du son.

Les notions d'ondes sonores, de fréquences et d'harmoniques ont été diffusées par les physiciens. Elles font maintenant partie de notre enseignement scolaire et de notre culture commune. Actuellement, n'importe quel ordinateur domestique ou smartphone peuvent enregistrer des sons et les analyser, avec un logiciel adéquat. (*Pour plus de détails, voir l'article: [Histoire de la notion de fréquence sonore](#)*)



*Courbe de variation de la pression d'une onde sonore à l'échelle des millièmes de seconde. Elle montre sa répétition périodique (fréquence). Réalisé avec le logiciel Audacity*



*Écran d'un téléphone portable avec l'application "PitchLab Instrument tuner" affichant la fréquence d'un son et la note correspondante*

Les musiciens ont donc pris l'habitude d'exprimer la hauteur des sons en fréquence pour accorder leurs instruments. Ils utilisent pour cela des diapasons électroniques qui sont mis à leur disposition. Les musiciens peuvent ainsi régler la fréquence de leur LA avec une grande précision.

Toutefois, cette pratique d'accord de fréquence au diapason international issue de l'appareillage disponible ne doit pas nous dispenser de nous interroger sur son sens et son intérêt musical.

**Mesurer la fréquence des sons avec une précision de 0,1 Hz signifie-t-il pour autant que cela soit nécessaire ou utile dans la pratique musicale? Et que l'esthétique musicale en tire avantage?** La suite de cette étude va nous permettre de nous rendre compte que tout est affaire de circonstances.

# La plasticité des notes instrumentales

La rigueur mathématique de la valeur du diapason exprimée en hertz, typiquement 440 Hz, contraste avec la réalité concrète de l'émission sonore des instruments. Examinons dans quelle mesure une **précision de 1 Hz** peut avoir un sens musical pour les notes produites par un instrument?

Elle ne peut avoir un sens que si l'instrument produit des sons dont la fréquence reste fixe à 1 Hz près. C'est effectivement le cas des **instruments à synthèse électronique (synthétiseurs, pianos électroniques)** dont toutes les caractéristiques sonores (fréquence, timbre, volume) sont contrôlées. Cela ne concerne donc que ce type d'instruments d'existence très récente.

Mais en ce qui concerne les autres instruments, la hauteur de leur émission fluctue. Elle n'est pas le résultat d'un processus strictement mécanique. **Le son naît de l'action, de l'énergie et de la pensée d'un instrumentiste en symbiose vivante avec son instrument.** En particulier, la hauteur du son d'une note varie avec la pression de l'air exercée et avec la température de l'instrument.

## La pression du souffle

Émettre une note fixe tenue en soufflant dans un instrument à vent ne produit pas un son fixe. Il s'étend sur une certaine fourchette de fréquences liée à la façon dont on souffle (le jeu). **Si on souffle plus fort, le son peut monter ou baisser.**

Interrogé sur cette question, **René Caussé**, directeur de l'équipe de recherche en acoustique musicale à l'[IRCAM](#) de Paris (Institut de Recherche et Coordination Acoustique/Musique), m'a précisé: *La fréquence [d'un instrument] peut varier avec la nuance de jeu. Par exemple pour la clarinette, lorsque l'on joue plus fort, la fréquence de jeu diminue. Si l'on remplace le musicien par une bouche artificielle et que l'on agit uniquement sur la pression dans la bouche, on remarque que c'est le contraire qui se produit, la fréquence augmente avec la pression dans la bouche. En fait le musicien pour jouer plus fort va agir sur plusieurs paramètres de contrôle: la pression dans la bouche, la force d'appui de la lèvre sur l'anche et éventuellement la position de l'application de cette force.*

Selon les études du professeur **Émile Leipp** (1913 - 1986) et de **Michèle Castellengo** (Groupe d'Acoustique Musicale) effectuées dans les années 1970 - 80 avec des flutes traversières, le ton varie d'environ 4 à 6 Hz selon la façon de positionner la bouche.

Prenons le cas d'un instrument ancien comme **le cornet à bouquin**. C'est un instrument à vent en bois de forme allongée généralement courbe. Il résulte de l'évolution d'un instrument plus ancien fait d'une simple corne animale percée de trous. Son corps est constitué de deux parties en bois, creusées en demi-perce conique, puis assemblées et collées. Il est ensuite taillé extérieurement en 8 pans ou arrondi, et percé de 6 ou 7 trous. On ajoute une embouchure séparée, en forme d'entonnoir. Enfin, il est entouré d'une gaine en cuir ou en parchemin. Le cornet à bouquin apparaît en Italie au 15<sup>e</sup> siècle, et se répand dans toute l'Europe. Il était très utilisé au 17<sup>e</sup> siècle.



*Cornet à bouquin  
Merci à [APEMUTAM](#)*

Interrogé, le facteur de cornets **Damien Bardonnnet** m'a répondu ceci: *Le diapason (au sens moderne du terme) est une notion floue pour un cornet... Un même instrument, joué avec différentes embouchures, ou différents musiciens, peut sonner à des diapasons variant de plus d'un quart de ton [...] Un même musicien [...] muni du même matériel vous dira que le diapason change selon qu'il a mangé du poireau ou bu la veille... C'est dire si cette notion est vague ! Une simple mesure du LA [avec nos instruments scientifiques actuels], note flexible s'il en est, [...] est donc assez aléatoire !*

Pourtant, sur le marché, des cornets de fabrication récente sont labellisés aux diapasons bien précis de 392, 415, 440, 465, 490, ou 520 Hz. Damien Bardonnnet explique qu'il ne s'agit pas là de la valeur précise de leur LA, mais d'une nomenclature pour désigner le type de l'instrument. Un cornet en 440 permet de jouer avec les doigtés standards en accord avec un clavecin accordé à 440 Hz.

Afin de préparer le lecteur à la multiplicité des diapasons que j'évoquerai plus loin, il faut préciser que le hautboïste **Bruce Haynes**, chercheur minutieux sur les instruments anciens et leur diapason, (1994) rapporte ceci: *Un joueur chevronné, Douglas Kirk, me fit la démonstration d'embouchures de différentes tailles et différentes formes. L'écart de fréquences obtenu en touchant l'embouchure avec la paume atteignait une quinte. Toutefois, sur l'instrument, et dans les conditions réelles [identiques] de la représentation, [les joueurs professionnels] jouent exactement au même diapason. De sorte qu'on peut définir un ton de cornet.*

Des variations de fréquence d'émission ont lieu aussi avec les instruments à cordes. Selon l'enquête fouillée du même Bruce Haynes (2002), quand un violoniste joue dans la nuance *forte*, le son est 5 Hz plus haut que lorsqu'il joue *piano*.

Quant aux chanteurs, leur voix oscille sur un intervalle de 5 à 7 Hz dans leurs vibratos.

Ce que l'on peut en déduire, c'est que **les sons vivants, émis par des individus sensibles, sont malléables, plastiques**, et n'ont rien à faire avec des considérations mathématiques.

## La température ambiante

Les instruments à vent, que ce soient des cornets, des hautbois, ou des orgues, sont sensibles à la température et à l'hygrométrie de l'air.

Selon des données fournies par l'IRCAM, calculées avec le logiciel RESONANS (*citées par le site web [papiermusique](#)*), le diapason d'un instrument à vent qui est de 440 Hz à 20°C, descend à 436 Hz à 15°C, et à 433 Hz à 10°C. Il monte à 444 Hz à 25°C et à 447 à 30°C. En Angleterre, dans les églises non chauffées, la variation de hauteur entre hiver et été peut aller jusqu'à 18 Hz.

**Note de physique:** *Les fréquences sont proportionnelles à la racine carrée de la température absolue. Définition de la température absolue: voir mon article [L'éther de la physique quantique](#).*

Inversement, le diapason des instruments à cordes (clavecins, luths, violons) baisse lorsque la température ambiante augmente.

La température d'un instrument à vent dépend non seulement de la température ambiante, mais aussi du souffle qui le traverse. Pendant un concert, les instruments à vent chauffent. À propos des cuivres, René Causse précise que *généralement on considère que le musicien souffle un air plus chaud [que la température ambiante], de l'ordre de 28,5°C, ce qui fait une différence [de hauteur] de l'ordre de 16 cents (100 cents représentent 1/2 ton). On peut rajouter aussi à ces variations l'influence de l'air soufflé qui est plus chargé en CO<sub>2</sub> et une concentration importante de CO<sub>2</sub> fait baisser la fréquence de jeu.*

Dans un orgue, de surcroît, la température n'est pas homogène dans les tuyaux, et l'équilibre thermique est sans cesse mouvant.

Lorsqu'on cherche à mesurer la valeur du diapason d'un instrument ancien, les appareils fournissent des résultats en Hz, par exemple 415 Hz. Mais en réalité, à cause des fluctuations, c'est une moyenne qui sous-entend des variations entre 410 et 420 Hz.

Émile Leipp et Michèle Castellengo ont effectué des mesures pendant des concerts de l'opéra de Paris dans les années 1970. Ils ont relevé des fluctuations du LA de l'ordre de 10 Hz. Ni les musiciens, ni les auditeurs ne sont conscients de cette variation au cours de l'interprétation.

Contraindre une note à rester à un niveau fixe est une préoccupation récente qui est apparue avec les pratiques modernes d'accordage influencées par les apports de la physique et de l'électronique, que j'ai exposés dans l'article [Histoire de la notion de fréquence sonore](#).



# Quel est l'intérêt de fixer un diapason?

Si les sons sont "plastiques", comment expliquer le besoin moderne de définir un diapason très précis?

Nous allons nous transporter dans des contextes musicaux divers afin de nous rendre compte dans quelles circonstances apparaît l'intérêt ou la nécessité de définir un son commun de référence. Un son commun de référence n'implique pas forcément qu'il soit normalisé universellement. Il peut être limité à une circonstance locale et éphémère.

## Je chante seul

Vous êtes seul(e) et l'envie vous vient de chanter spontanément *Hallelujah* de Leonard Cohen. Vous entonnez cette chanson à la hauteur qui vous vient naturellement. La hauteur de la note de départ détermine toutes les autres. Même si vous chantez la chanson plus haut ou plus bas que Leonard Cohen, *Hallelujah* reste *Hallelujah*, et les personnes qui vous environnent la reconnaissent et pourraient la chanter avec vous. Le diapason n'intervient pas dans l'identité de la chanson. Bien que le compositeur contemporain l'ait écrite dans un certain registre, la hauteur est secondaire.

*Question*: lorsque vous avez entonné la chanson, vous êtes-vous soucié de la valeur du diapason?

Probablement pas. **Vous vous êtes peut-être soucié de la prendre ni trop haut, ni trop bas, pour qu'elle corresponde à votre registre vocal.** Cette hauteur de départ peut varier selon votre état, différente si vous chantez le matin ou le soir, un jour ou un autre. Elle correspond à ce que vous êtes.

## Le chanteur au Moyen-Âge

C'est exactement l'esprit dans lequel les chanteurs choisissaient leur hauteur chez les Grecs et au Moyen-Âge.

Au Moyen-Âge, avant que ne se répande l'usage des instruments à clavier, la musique sacrée et la musique profane étaient uniquement chantées. **Le chantre prenait la hauteur qui correspondait à sa voix**, en rapport avec l'étendue musicale (la *tessiture*) de la pièce à chanter.

La notion de diapason était complètement étrangère à la musique occidentale antérieure au 16<sup>e</sup> siècle. Il est vrai qu'une hauteur était parfois indiquée sur la "partition". Mais c'était, comme l'écrit *Ludovico Zacconi* à Venise en 1596 dans *Prattica di Musica*, *pour avoir des égards pour ceux qui chanteront, afin qu'ils soient à leur aise avec la hauteur, ni trop haut ni trop bas.* (cité par [Dolmetsch Online](#))

Il y a donc bien l'indication d'un **ordre de grandeur de la hauteur**. Mais elle reste indéterminée dans une certaine fourchette, favorable à la voix du chanteur.

## La solmisation

Cette indétermination se reflète dans la pratique de la **solmisation**. Elle consiste à chanter les notes avec des syllabes.

Actuellement, nous solmisons avec les syllabes *do, ré, mi, fa, sol, la, si*. Pour nous, chacun de ces noms est associé à une hauteur parfaitement définie. Or cela résulte d'une évolution récente. Auparavant, **ces syllabes**, qui se limitaient à *ut, ré, mi, fa, sol, la* **ne désignaient que des hauteurs relatives**. N'importe quel nom de note pouvait être associé à n'importe quelle hauteur. Ils appartenait à des hexacordes, groupes de 6 notes définis par leurs intervalles, comme nos modes contemporains à 7 notes. (voir l'annexe [Hexacordes et solmisation](#))

En pratique, des chantres à la voix grave chantaient plus bas que ceux à la voix plus aigüe, **sans pour autant changer le nom des notes**. Si la chanson commençait par un SOL, défini par son appartenance à un hexacorde, on chantait SOL, quelle que soit la hauteur de la chanson. **Les noms des notes définissaient des intervalles, pas des hauteurs absolues** (principe modal).

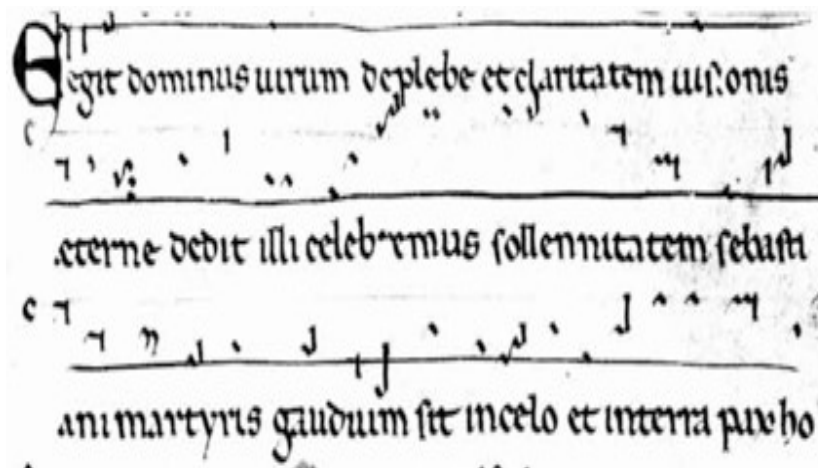
Cette solmisation qui emploie les noms de notes *do, ré, mi*, etc. pour désigner des hauteurs relatives mobiles a été défendue en France par Pierre Galin (1786 - 1821) et ses idées ont été propagées par Aimé Paris et Émile Chevé (Méthode Galin - Paris - Chevé, 1862).

La solmisation est pratiquée encore actuellement dans les pays anglophones avec les noms *do, re, mi, fa, so, la, ti*, qui indiquent les degrés de la gamme, tandis que la hauteur absolue est désignée par les lettres A à G. C'est le système *Tonic Sol-Fa* inventé par l'enseignante anglaise **Sarah Anna Glover** (1785 - 1867), élargi par **John Curwen** (1816-1880). En Hongrie, la méthode d'éducation musicale développée par le compositeur **Zoltán Kodály** (1882-1967) inclut également ce système.

## La notation moyenâgeuse n'indique que des intervalles

L'attention qu'apportaient les musiciens aux **intervalles** entre les notes (hauteur relative) et leur indifférence vis-à-vis de la hauteur absolue se reflètent dans la notation musicale écrite employée à partir du 9<sup>e</sup> siècle et plus tard.

Celle-ci consistait en signes courbes ou carrés appelés **neumes**. Initialement, il n'existait pas de portée comme actuellement. Puis une ligne horizontale a été introduite comme repère d'un son de base. Mais sa hauteur n'était pas déterminée. Puis on employa deux lignes, puis 4, avant d'en arriver à 5. Dans tous les cas, elles n'indiquaient que des hauteurs relatives.



Notation musicale en neumes avec une ligne de repère au 11<sup>e</sup> siècle  
Merci à [symphozik.info](http://symphozik.info)



Notation musicale en neumes carrés sur 5 lignes vers 1300  
Manuscrit espagnol  
Merci à [Wikipedia](https://fr.wikipedia.org/)

Actuellement, la notation sur une portée est fondamentalement relative. Elle ne devient absolue que lorsqu'on inscrit une clé au début de la portée (clé de SOL, de FA ou d'UT). La clé détermine le nom des notes en fonction de leur position sur les lignes et interlignes.

## Je chante en groupe

Vous êtes maintenant en groupe, à une fête d'anniversaire par exemple, ou en randonnée, et vous voulez chanter tous ensemble. Quelqu'un entonne donc *Hallelujah* et votre voix se joint à la sienne. Vous chantez avec lui sur le même ton, vous êtes en accord, même si ce n'est pas forcément la hauteur que vous auriez prise spontanément.

*Question:* La personne qui a initié le chant a-t-elle sorti un diapason de sa poche pour déterminer à quelle hauteur le groupe devait chanter la mélodie? À moins qu'elle ne soit un professionnel, ou un amateur avancé, cela arrive rarement. Vous avez pris spontanément le ton qu'elle a donné.

**Donner le ton**, c'est fixer la hauteur de la note de départ. Peu importe quelle hauteur, il est seulement recommandé que **la personne la choisisse de telle sorte que les hauteurs extrêmes de la mélodie restent accessibles à tout le monde sans forcer la voix.**

Cette pratique est employée dans des groupes populaires qui n'ont pas reçu d'éducation en solfège. C'est le cas dans les groupes de chant *Sacred Harp* en Amérique du Nord. Des amateurs se rassemblent en se disposant en carré (sans harpe ni autre instrument) et chantent a capella des chants répertoriés dans le livre *Sacred Harp* (d'où leur nom), publié d'abord en 1844 par B.F. White et E. J. King. Ils mènent un chant chacun à leur tour. Pour commencer le meneur donne le ton, choisi pour que le groupe soit à l'aise dans toute l'étendue en hauteur de ce chant particulier.

## Je chante en étant accompagné par un instrument

Si vous chantez, seul ou en chœur, en étant accompagné par un instrument, le choix d'un ton initial se complique.

Lorsque vous entonnez une chanson, l'instrumentiste détermine sur quelle note vous démarrez, et vous suivra, à condition qu'il puisse accorder son instrument sur votre voix.

Or la hauteur des notes de l'instrument est plus ou moins fixée par sa construction, et le musicien ne peut l'ajuster que dans une certaine étendue qui varie avec le type d'instrument. Si vous êtes en harmonie avec aucune de ses notes, c'est-à-dire si vous êtes un peu décalé vers le haut ou vers le bas, il vous demandera de vous ajuster à son diapason.

### Accordages

Quel est donc son diapason? Tout dépend de l'instrument.

Imaginez que vous êtes accompagné à la **guitare**. Le guitariste a la possibilité d'ajuster rapidement chacune de ses cordes, tout comme un violon ou d'autres instruments à cordes. Il peut donc choisir le diapason qu'il veut, par exemple en choisissant le MI de la première corde. Ce qui est essentiel, c'est qu'une fois fixé ce MI, les intervalles avec les autres cordes soient justes. Avec cette condition, vous vous régalez de chanter même si vous n'êtes pas réglés sur la norme internationale.

Dans l'histoire occidentale, cela se passait à peu près comme je viens de le décrire lorsqu'un chanteur ou une chanteuse étaient accompagnés par un instrument tel que le **luth**. Le chanteur choisissait le ton adapté à sa voix, et l'instrument se calait sur la voix du chanteur.

### Transposition

Par contre, l'accordage d'un **piano** est une opération longue et délicate. Il faut faire intervenir un accordeur de métier et le pianiste espère que cet accordage va durer suffisamment longtemps.

Toutefois, sans modifier son accordage, le pianiste a la possibilité de décaler la hauteur de la mélodie par degrés multiples d'un demi-ton.

Un **demi-ton**, c'est le plus petit intervalle entre deux notes voisines de la gamme, par exemple entre le SOL# et le LA (soit entre 415 Hz et 440 Hz selon les normes actuelles).

Lorsque le pianiste se décale de cette façon, il change la tonalité dans laquelle il joue. Par exemple il effectue un décalage d'un ton en passant de la gamme de DO majeur à RÉ majeur. C'est ce qu'on appelle **transposer**.

Il en était de même avec les **orgues** d'église. L'organiste se calait sur la voix du chanteur en transposant.

### Les ensembles de musiciens

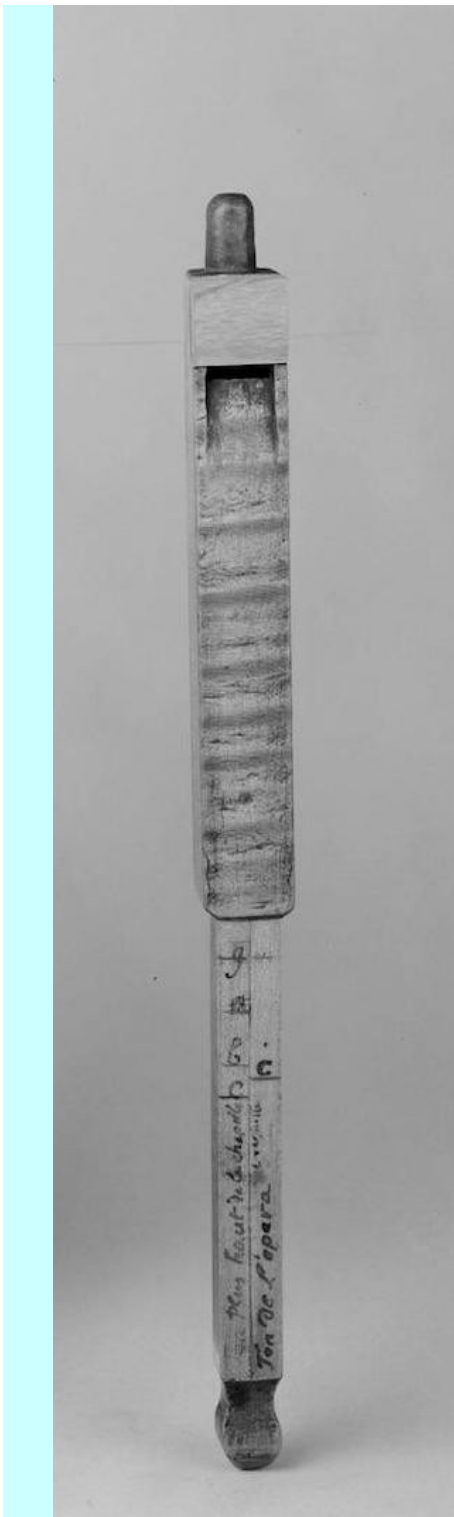
Les contraintes pratiques se font plus fortes lorsque plusieurs instrumentistes se rencontrent. Ils doivent prendre un peu de temps pour s'accorder afin de jouer ensemble dans le même ton. Mais lequel choisir?

A priori ils n'ont pas besoin de se référer à une norme internationale. D'ailleurs une telle norme a longtemps été inexistante. **Il suffit de prendre l'un des instruments présents comme la référence, et les autres le suivent.** L'instrument référent choisi est celui qui est le plus difficile à accorder et qu'on évite de modifier.

La guitare ou le violon peuvent rapidement être accordés à volonté en modifiant la tension des cordes. Par contre, la hauteur sonore des bois ou des cuivres est fixée par le fabricant dès leur construction. Toutefois, ils bénéficient de la possibilité de régler légèrement leur hauteur en déplaçant le bec ou l'embouchure. Enfin, si l'ensemble instrumental comprend un instrument comme le piano, les autres s'accordent sur lui.

C'est exactement ce qui se passait autrefois, alors qu'on n'avait pas de norme, ni internationale, ni nationale, ni locale.

## Accordage instrumental à la Renaissance et à l'époque baroque



Diapason à pompe, 18<sup>e</sup> siècle. Tons de l'Opéra et ton de Chapelle de Versailles. Ancienne collection Louis Clapisson. Musée de la musique, Paris. Photo Jean-Claude Billing. Merci à [Cité de la Musique](#)

Jusqu'à la Renaissance, les ensembles de musiciens étaient composés d'instruments d'un même type, par exemple des ensembles de **flutes**. Lorsqu'elles étaient fabriquées par le même facteur, elles étaient accordées de la même façon par construction. Mais ces diapasons de facture variaient largement d'un facteur à l'autre, selon les endroits. Ils variaient aussi selon les instruments. On peut dire qu'**il a existé des diapasons de toutes les hauteurs dans un large intervalle de plus d'un quart (2 tons et demi)**.

À la fin de la **Renaissance** (16<sup>e</sup> siècle) et au cours de la **période baroque** qui lui a succédé (1600 à 1750 environ, variable selon les pays), la musique instrumentale changea de rôle et de style. D'accompagnante des voix, elle prit son indépendance et créa ses propres structures musicales, adaptées aux possibilités techniques des instruments. Des compositeurs écrivirent spécifiquement pour des ensembles instrumentaux: en Italie **Claudio Monteverdi** (1567-1643), en Allemagne **Johann Sebastian Bach** (1685 - 1750), **Georg Philipp Telemann** (1681-1767), en Angleterre **Georg Friedrich Haendel** (1685 - 1759), en France **Jean-Philippe Rameau** (1683-1764), etc.

Dans les ensembles orchestraux, des instruments de types différents se rencontraient, par exemple des cordes et des vents. De nouveaux instruments à vent étaient inventés. Certains avaient des diapason hauts, d'autres bas. Et malgré cela, ils devaient jouer en accord.

L'ensemble contemporain *Douce Mémoire*, qui ressuscite la musique de la Renaissance avec une grande recherche d'authenticité, nous apprend que: *Dans la grande écriture à six voix, les deux parties de dessus sont tenues par le cornet et le dessus de hautbois appelé aussi chalémie, et les autres parties par deux hautbois contralto, la sacqueboute et la basse de hautbois. Le diapason extrêmement haut de ces instruments, 520 hertz, soit une tierce mineure au-dessus de notre diapason moderne, confère à cette bande une sonorité puissante. (livret d'accompagnement de l'album [Grand Bal à la Cour d'Henri IV](#))*

Les instruments s'accordaient sur l'un d'eux choisi comme référence, tel que le cornet à bouquin qui présente, on l'a vu au début de cet article, un niveau assez fixe. Personne ne se préoccupait d'avoir un diapason universel. Par exemple, le diapason choisi pour la musique d'église était celui de l'orgue local.

La note de référence n'était généralement pas le LA comme maintenant, mais plutôt l'UT, ou le FA. L'UT correspond à la corde grave à vide du violoncelle, et au tuyau d'orgue de 8 pieds. Ce n'est qu'à la fin du 19<sup>e</sup> siècle que l'on a choisi le LA, car il correspond à la troisième corde à vide du violon.

À la fin du 17<sup>e</sup> siècle, les musiciens confièrent parfois le rôle de référence à un instrument entièrement dédié à cette fonction. C'était une flute sans trous appelée **flute d'accord** ou **diapason à piston**. Le facteur d'orgue **Dom Bedos**, moine bénédictin (1709 - 1779), auteur du traité *L'art du facteur d'orgues*, recommande cet instrument, dérivé de la flute de saule qui est fabriquée avec une tige de saule. On peut aussi la fabriquer avec une [tige de frêne](#). En séparant le cœur du pourtour, on crée une partie coulissante, le piston. Dom Bedos conseille de marquer sur le piston *les tons que l'on prendra sur un orgue parfaitement d'accord et bien au ton*.

## La transposition entre instruments

Comment faire en sorte que des instruments de facture et de diapasons différents puissent jouer ensemble?

Tout simplement, les fabricants s'arrangeaient pour que **le décalage de diapason entre instruments soit un multiple de demi-tons**. Il était fréquent d'avoir des différences de diapason de 1 ton, 1,5 tons (une tierce mineure) ou 2,5 tons (une quarte). Les instrumentistes savaient transposer d'une tonalité à l'autre. Cela faisait partie des talents

de tout musicien expérimenté, tout particulièrement des organistes. Concrètement, si un instrument joue un DO, et qu'un deuxième a un diapason plus bas d'un ton, il doit jouer un RÉ pour sonner à la même hauteur.

Une survivance de cette pratique réside dans l'existence actuelle d'**instruments dits transpositeurs**, comme la clarinette. La clarinette la plus courante est dite en SI bémol, car son LA (392 Hz) est plus bas d'un ton que la norme. Donc lorsque le clarinettiste émet un son avec le doigté de DO, le son émis est en réalité un SI bémol. Pour transposer, le musicien lit une partition adaptée à son instrument, ou bien il lit la partition d'origine en changeant la clé, par exemple la clé d'UT à la place de la clé de SOL ou de FA.

## Le besoin pratique de consensus

Lorsque les musiciens se sont déplacés de place en place, ils rencontraient d'autres musiciens jouant du même instrument souvent accordé différemment. Cela soulevait des difficultés d'accordage sévères. Y remédier entraînait des dépenses car, **pour les instruments à vent, il était impossible de modifier le diapason au-delà d'un petit ajustement, il fallait refaire un instrument neuf.**

C'est de ces inconvénients qu'est née peu à peu l'idée d'instituer des normes pratiques. Le compositeur prussien **Johann Joachim Quantz** (1697 - 1773) écrit en 1752: *La diversité des diapasons utilisés pour l'accord est des plus défavorables à la musique en général. En musique vocale, il a l'inconvénient que les chanteurs se produisant en un endroit où on a un diapason bas peuvent difficilement interpréter des arias écrites pour eux en un endroit où le diapason est haut, et vice-versa. Pour cette raison, on espère beaucoup que soit introduit un seul diapason pour tous les endroits.* (Cité par Bruce Haynes)

À la période de l'industrialisation du 19<sup>e</sup> siècle, les facteurs d'instruments étaient particulièrement troublés. Ils distribuaient leurs instruments en série et non plus à l'unité, et desservaient des régions de plus en plus vastes. Fallait-il en fabriquer pour tous les diapasons possibles? La tâche devenait compliquée. **Instituer un diapason commun pourrait permettre d'uniformiser la production artisanale.**

## L'accordage des instruments anciens

Étant donné que nous sommes capables de mesurer des fréquences seulement depuis quelques 200 ans, comment les musicologues peuvent-ils avoir accès aux valeurs des diapasons anciens? Par quel moyen connaissons-nous la fréquence à laquelle un facteur accordait son instrument au moment de sa fabrication? Comment ces diapasons variaient-ils selon les lieux, les époques et les instruments? C'est ce que nous allons découvrir.

### Les méthodes de relevé des diapasons anciens

Deux types de sources peuvent nous donner des indications plus ou moins précises sur la valeur des diapasons de facture instrumentale.

L'une est **l'étude d'instruments d'époques qui ont survécu** (orgues, instruments à vent et à cordes). Il est possible de les analyser avec nos appareils électroniques modernes et de mesurer à quelle fréquence ils sonnaient.

Il faut toutefois garder à l'esprit que nos critères de mesure correspondent à des questionnements actuels qui n'habitaient pas les esprits musicaux de l'époque. Alors que le choix des tempéraments des échelles musicales a suscité de nombreux débats et controverses (*voir article [Intonation juste](#)*), il n'en est rien en ce qui concerne la disparité des diapasons. Aussi mesurer la valeur du diapason d'un instrument ancien nous apprend seulement le choix qu'en a fait son fabricant.

Nos appareils de mesure électroniques nous fournissent des résultats en fréquences précises à 1 Hz près. Cette précision n'a qu'un sens tout relatif. La mesure est faite dans des conditions expérimentales données de température et d'hygrométrie qui ne correspondent pas forcément aux conditions anciennes. En réalité **la fréquence peut fluctuer plus ou moins largement autour de cette valeur**, selon la façon de jouer de l'instrument ou selon la température.

C'est pourquoi **le nombre relevé est une moyenne**. Si l'on relève une valeur de 440 Hz, on peut juste en déduire que la musique était jouée entre 430 Hz et 450 Hz selon qu'il faisait plus ou moins froid.

Une deuxième façon de recueillir des renseignements sur le diapason des instruments anciens est de **se reporter aux écrits, récits, ou traités musicaux des auteurs anciens et des éditeurs**, tels ceux de **Marin Mersenne** (*voir article [Histoire de la notion de fréquence sonore](#)*) et d'autres : **Thoinot Arbeau** (1519 - 1595), **Michael Praetorius** (1571 - 1621).

À partir de la description d'un instrument et des planches de dessins, par exemple dans *L'Harmonie Universelle* de Mersenne, on peut calculer son diapason probable en relevant ses dimensions. Pour les orgues, on peut calculer la fréquence d'une note émise par un tuyau en connaissant sa longueur. Son diamètre et la pression de l'air qui le traverse influent aussi mais relativement peu.

Dans les traités et rapports, il est aussi question des différences de diapason entre les instruments et entre différents types de musiques. Ces différences ne sont évidemment pas notées en fréquence, mais **en intervalles de demi-tons**.

Quelques auteurs ont associé ces deux aspects (les descriptions anciennes et les mesures contemporaines) dans leurs recherches. Il en est résulté un extraordinaire tableau de détails, que d'autres ont enrichi, précisé ou corrigé par la suite. L'un d'eux est **Alexander Ellis** (*On The History Of Musical Pitch, 1877*), qui a fourni de nombreuses données précises de diapason. Malheureusement, il n'indique pas les conditions de température dans lesquelles les mesures ont été faites, ce qui les rend approximatives.

Les travaux pionniers de **Émile Leipp** dans les années 70 (*voir plus haut*) ont apporté des compréhensions importantes sur l'acoustique musicale dans le cadre du GAM (Groupe d'Acoustique Musicale).

Plus récemment **Bruce Haynes** (*A history of performing pitch - The story of A, 2002*) a effectué un travail remarquable très minutieux sur l'évolution du diapason par époque, région et instrument.

Ces auteurs ont montré que le diapason variait à la fois selon le type d'instrument, selon les lieux, et selon les époques.

Ainsi Leipp, en analysant les écrits de Praetorius, a estimé qu'à son époque le ton moyen de base était de 435 Hz environ, avec de nombreux autres tons différents qui s'étaient sur une amplitude de 327 à 488, en tenant compte des écarts probables de température (*conférence du GAM n°40, 1970*).

Sur la période allant du 16<sup>e</sup> au 19<sup>e</sup> siècle, **le diapason du LA3 s'étageait entre 330 et 560 Hz**, ce qui constitue une grande amplitude de 5 tons environ.

## Un ton pour l'église, un autre pour l'orchestre, un autre pour l'opéra

Au 16<sup>e</sup> siècle et jusqu'au 19<sup>e</sup>, **plusieurs diapasons se côtoyaient dans même lieu au même moment**. Chacun était employé pour un genre de musique approprié ou par un instrument approprié.

L'un était destiné à la musique vocale et adapté aux chœurs. Comme cette musique était pratiquée à l'église, ce diapason était nommé en France le **ton d'église** ou plus souvent **ton de chapelle** (en anglais *church pitch* ou *Quire pitch*, en allemand *Chorton*, en italien *tuono chorista*).

Le ton de chapelle variait dans une marge importante selon les endroits et les époques. Il était assez bas, en moyenne 392 Hz, un ton plus bas que le ton actuel,. Nous le noterons LA-2.

**Notations:** Si nous notons par LA le diapason actuel de 440 Hz, suivant la notation de Haynes qui procède par demi-tons, nous noterons LA-2 un diapason situé un ton plus bas, soit deux demi-tons. La notation par demi-tons est suffisamment souple pour ne pas fixer une fréquence précise qui n'existait pas.

Les orchestres adoptaient un ton autre que le ton de chapelle. C'était le **ton de chambre** ou **ton d'écurie** (en anglais *chamber pitch*, en allemand *Kammerton*).

Du temps de Praetorius (début 17<sup>e</sup> siècle) le ton de chambre était un ton plus haut que celui de chapelle (chœur). En France, au 17<sup>e</sup> siècle, il était 1,5 ton plus haut. Au 18<sup>e</sup> siècle, en Allemagne, c'était l'inverse, le Kammerton (chambre) est descendu aux alentours de 415 Hz tandis que le Chorton (orgues et cuivres) est monté vers 465 Hz.

Les opéras avaient leur ton propre, le **ton d'opéra** (*opera pitch*). Il était parfois le même que le ton de chambre (orchestral), parfois plus haut, parfois plus bas.

Le philosophe et musicien genevois **Jean-Jacques Rousseau** (1712 - 1778) écrit dans son *Dictionnaire de musique* au mot TON: *Dans les églises, il y a le ton du chœur pour le plain-chant. Il y a pour la musique le ton de chapelle et le ton d'opéra. Ce dernier n'a rien de fixe; mais en France, il est ordinairement plus bas que l'autre.*

Dans son *ouvrage Nouveau manuel complet du facteur d'orgues: ou traité théorique et pratique de l'art de construire les orgues*, 1849, p.49, Monsieur **Marie-Pierre Hamel** (1786-1879) écrit:

*Dans le XVII<sup>e</sup> siècle, on accordait les orgues, en Allemagne, au ton de chambre, qui était celui des orchestres de ce temps, ou au ton de chœur, qui était d'un ton plus élevé. Ce dernier exigeant des tuyaux moins longs, était le plus fréquemment employé à cause de l'économie qu'il procurait. Cependant comme la musique d'église se trouve quelquefois accompagnée par des instruments d'orchestre, qui ne peuvent point facilement transposer ni changer leur diapason, on mettait dans les orgues des jeux accordés au ton d'orchestre et devant leur nom on mettait celui de Kammer: ainsi Kammer floete voulait dire flûte au ton de chambre ou d'orchestre. Il est évident que ces jeux ne pouvaient point se mélanger avec ceux qui étaient accordés au ton de chœur, et qu'ils formaient réellement un orgue à part.*

*En France, le ton d'orchestre, quoiqu'il n'ait rien de bien fixe, est celui dont le la est produit par 864 vibrations dans une seconde [432 Hz] (il est le même à Francfort-sur-le-Mein), et le ton de chapelle est de trois grands quarts de ton ou près d'un ton plus bas. Ainsi le ton de chœur chez les Allemands est le plus élevé; le ton de chapelle, chez*

*nous, est de près de deux tons plus bas, et le diapason d'orchestre tient le milieu.*

*Maintenant c'est à ce dernier ton que l'on accorde tous les orgues neufs en France et en Allemagne.*

*Mais comme il est encore beaucoup d'orgues au ton de chapelle, on a imaginé un moyen pour les jouer à l'unisson des instruments d'orchestre sans être obligé de transposer, et cela au moyen d'un clavier qui peut se mouvoir à droite ou à gauche, selon qu'on veut hausser ou baisser le ton. Ce mécanisme, quoiqu'il soit souvent assez difficile de l'adapter à un orgue qui a plusieurs claviers, est cependant plus simple et plus efficace que le moyen qu'on employait en mettant dans l'orgue des jeux au ton de chambre, et d'autres au ton de chœur.*

## Variations entre instruments

Avoir un ton d'orchestre n'implique pas que les instruments étaient tous fabriqués à ce diapason, mais seulement qu'ils jouaient dans ce ton. En effet, ils pouvaient être accordés par fabrication à 1 ton, 1,5 tons, ou une quarte de différence avec le ton d'orchestre. Pour jouer dans le ton d'orchestre, ils transposaient.

Selon Haynes, les instruments du 17<sup>e</sup> siècle étaient répartis en trois catégories selon la hauteur de leur diapason. Il y avait ceux dont les diapasons étaient "naturels" (*coristi* en italien), d'autres à un diapason bas et la troisième catégorie à diapason haut.

Les **violons**, les **flutes à bec**, les **cromornes** étaient dans la catégorie haute, tandis que les flutes traversières de la Renaissance étaient dans la basse (environ 405).

Les **cornets** se trouvaient dans la catégorie haute. Partout en Europe, ils venaient principalement des facteurs de Venise, ce qui a conduit à une certaine uniformisation du diapason de cornet. Ce ton faisait référence sous le nom de **ton de cornet** ou Cornet-ton, et s'est identifié d'abord au ton de chambre, puis plus tard au ton de chœur. Il est estimé à environ 471 Hz. On pouvait le changer de 462 à 481 environ en ajoutant ou enlevant des bagues intermédiaires entre le corps et l'embouchure. D'autres cornets, moins nombreux, étaient fabriqués à 443 et à 484.

Selon Praetorius, vers 1600, les **chalémies** (hautbois anciens) sonnaient un ton plus haut que les cornets et les **sacqueboutes** (trombones anciens) soit environ 518, alors que les **cornemuses** sonnaient un ton plus bas que les cornets.

Au 18<sup>e</sup> siècle, les trompettes et autres instruments en cuivre sont généralement accordés un ton plus haut que les autres instruments.

Les **clavecins** et les **pianofortes**, ancêtres du piano, étaient accordés de façon différente selon le facteur. Dans les périodes baroque et classique, ils étaient accordés à un diapason bas, aux alentours de 420 à 430.

Les **orgues** ont souvent été modifiées, dégradées, réparées, restaurées, de sorte que leur diapason a changé. On en relève une grande variété.

En **Allemagne**, au Moyen-Âge, le diapason de l'orgue primitif était de 567; 507 à Halberstad en 1361 et 506 en 1495; 377 à Heidelberg en 1511; 481 à Hambourg en 1543, 489 en 1688 et 407 en 1762. Au 18<sup>e</sup> siècle, ils suivent le ton de cornet.

En **France**, 390 à l'abbaye de Valloires en 1750 et 395 à Versailles en 1789.

En **Angleterre**, 474 à Durham en 1683, à Londres la même valeur en 1708 et 444 en 1877.

En **Italie**, selon Antonio Barcotto (1652), les orgues de Venise sont parmi les plus hauts utilisés dans cet État, au ton de cornet. Les orgues de chambre à Venise, Padoue, et autres cités, sont accordés un ton plus bas, celui de *corristi*.

## Évolution selon les époques

En un même lieu, **le diapason a beaucoup changé au cours des temps.**

**Avant 1670**, le ton de chapelle en Allemagne (Chorton) et en Italie (chorista) est proche du LA-1, tandis que le ton d'orchestre (Cammerton ou mezzo punto) est proche du LA+1, soit environ 464 Hz.

**Vers 1670 et jusqu'en 1700**, le style musical passe de la Renaissance à la musique baroque. L'orchestre se détache de son rôle d'accompagnant de musique vocale. Son diapason n'est plus lié aux contraintes de la voix et prend sa liberté. Les instruments sont modifiés.

En Allemagne et en Italie du Nord, chorton et cammerton sont inversés; le chorton devient donc le plus haut à LA+1, équivalent du cornet-ton. En France au contraire, c'est le ton de chambre qui est à cette hauteur, tandis que le ton d'opéra est à LA-2.

**Après 1700**, les déplacements et les échanges contribuent à faire évoluer chacun des tons vers une plage consensuelle. En Europe, la marge est de 1,5 tons et va de deux demi-tons en-dessous de notre LA actuel (LA-2) jusqu'à un demi-ton au-dessus (LA+1). En Allemagne, le Cammerton ordinaire se double d'un Cammerton bas.

**Après 1730**, les consensus se groupent autour de 430 Hz. Le ton a tendance à monter dans certaines villes. À Vienne en 1780, il est proche de 440, comme notre LA actuel (Ton de Vienne, Wienerton). Les trombones accordés plus haut à LA+1 sont modifiés et convertis en instruments transpositeurs.

**Le 19e siècle** voit le développement de la musique romantique, qui s'accompagne de la montée du diapason. À l'Opéra de Paris, le diapason passe de 405 en 1704 à 440 en 1830 et 448 en 1858. En Angleterre, le London Philharmonic Society, avait un diapason de 424 au moment de sa création en 1813. Il passe à 433 en 1820, 453 à partir de 1846. À Rome, l'Accademia di Santa Cecilia adopte un LA de 450. Aux États-Unis, en 1875, de nombreuses institutions sont accordées à 461.

**Tableau B.**  
*Tableau constatant l'élévation progressive du diapason dans divers pays.*

NOMS DES OBSERVATEURS.	ANNÉES.	NOMBRE de vibrations.	DISTANCES au diapason actuel de chaque pays en fractions de ton moyen.
PARIS (GRAND-OPÉRA).			
Sauveur.....	1699	808	— 0,845
	1700	808	— 0,845
	1704	810,6	— 0,820
	1713	811,7	— 0,809
Drouet.....	1810	846	— 0,480
Fischer.....	1823	862,7	— 0,320
Drouet.....	1830	871,5	— 0,235
Delezenne.....	1836	882	— 0,134
	à		
Lissajous.....	1858	896	
BERLIN.			
Marpurg.....	1752	843,75	— 0,574
	1806		
Wieprecht.....	à	861	— 0,408
	1814		
Fischer.....	1823	874,64	— 0,277
Wieprecht.....	1830	880	— 0,225
Scheidler.....	1834	883,25	— 0,194
Wieprecht.....	1858	903,5	
SAINT-PÉTERSBOURG.			
Sarti.....	1796	872	— 0,298
Lissajous.....	1858	903	
TURIN.			
Delezenne.....	1845	880	— 0,091
Lissajous.....	1858	889,5	
MILAN.			
Delezenne.....	1845	893,14	— 0,072
Lissajous.....	1856	900,6	

*Diapasons utilisés en Europe entre 1699 et 1858.*

*Ces valeurs sont exprimées en "vibrations simples", soit le double de leur valeur en hertz.*

*Extrait de L'Année Musicale ou la Revue Annuelle des théâtres lyriques et des concerts des publications littéraires relatives à la musique, P. Scudo, 1859. Cité par Marie-Brigitte Duvernoy, [Le diapason](#), site [Piano & Sons](#)*



On constate la même tendance sur les pianos: à Paris, 425 sur un piano de 1829, 446 en 1859 sur un piano Pleyel, et 455 chez Erard en 1879. En Angleterre, 446 chez Broadwoods de 1849 à 1854, montant à 455 en 1874; 450 chez Collard en 1877; 456 chez Chappell en 1877. C'était 455 chez Steinway en 1879, alors qu'au même moment à New-York, Steinway utilisait 458. Également aux États-Unis, à Boston on avait 435 chez Chickering.

Cette tendance à la montée n'impliquait pas qu'elle soit générale. Divers diapasons se côtoyaient et la pratique d'instruments transpositeurs était courante.

## Plus haut?

La montée du diapason inquiétait les facteurs d'instruments et les instrumentistes, car les anciens instruments ne convenaient plus. Il fallait en fabriquer et en acheter de nouveaux, et cela revenait cher.

Mais pourquoi certains compositeurs et interprètes préféraient-ils des diapasons plus haut?

À l'époque romantique, les compositeurs et interprètes cherchent à exprimer leur état d'âme personnel, en opposition par exemple au chant grégorien. La musique s'achemine vers la mise en valeur de la virtuosité de solistes et des effets émotionnels et sensoriels (*voir article [L'évolution de la musique du Moyen-Âge à nos jours](#)*).

Aussi avaient-ils tendance à vouloir une plus grande brillance sonore. En s'accordant légèrement au-dessus de l'accompagnateur, les solistes ressortent mieux, et se donnent une impression de brillance qui les flattent. Mais l'orchestre a tendance à les rattraper, d'où un enchaînement de montée.

Par rapport au temps de Mozart où les représentations avaient lieu devant un petit nombre de personnes, les concerts du 19<sup>e</sup> siècle sont donnés dans de grandes salles pour un public plus nombreux. Les orchestres sont plus grands et jouent plus fort. Cela renforçait le besoin d'un volume sonore plus éclatant, même pour les musiques antérieures du 18<sup>e</sup> siècle. Hausser le diapason était un moyen de l'obtenir. Ainsi, le compositeur italien **Gioacchino Rossini** (1792 - 1868) était insatisfait du ton de l'Opéra de Paris qu'il trouvait trop bas.

L'évolution technique des instruments contribuait à satisfaire ce besoin. Les cordes des instruments en boyau sont remplacées par de l'acier et supportent des tensions plus grandes. Des soupapes sont ajoutées aux cuivres.

Toutefois, monter le diapason n'est pas forcément favorable à la sonorité. À la fin du 17<sup>e</sup> siècle, le compositeur allemand **Georg Muffat** (1653 - 1704) écrit: *Le diapason sur lequel les Français règlent ordinairement leurs instruments est plus bas d'un ton entier que l'allemand (appelé ton de cornet), et même, dans les opéras, un ton et demi plus bas. Ils trouvent que le ton allemand est trop haut, trop criard, trop forcé.* (cité par B. Haynes)

## Vers un diapason international unique

Dès le 18<sup>e</sup> siècle, des musiciens proposaient de choisir un diapason commun pour tous afin de faciliter les rencontres musicales. Avec la montée du diapason, d'autres voix se joignirent pour réclamer de le maintenir à un niveau bas.

Mais si l'on est bien d'accord pour fixer un diapason, reste la question de savoir à quelle valeur. L'histoire est pleine de tentatives et de rebonds dus aux envies et revendications des uns et des autres. Plus haut? Plus bas? Scientifiquement?

## Tentatives de normalisation

### 1834, Allemagne, congrès de Stuttgart, 440 Hz

En 1834, le congrès des Chercheurs naturalistes et Médecins allemands réunis à Stuttgart propose de normaliser le LA à 440 Hz. Ce choix vient des recommandations de **Johann Scheibler** qui mesura le ton des différents diapasons d'Europe avec son tonomètre (*voir article [Histoire de la notion de fréquence sonore](#)*), et reconnut que le ton moyen était d'environ 880 "vibrations simples" par seconde (440 Hz). *Après avoir mené plusieurs expériences avec des diapasons variés utilisés à Paris, Berlin et Vienne, Scheibler décida de choisir son LA à 440 comme milieu des extrêmes entre lesquels le diapason des pianos viennois montent et descendent à cause du changement de température. Le diapason des pianos fut déterminé par un monocorde, et le diapason 440 cps fut vérifié par son tonomètre.* (Trevor Pinch, Karin Bijsterveld, *The Oxford Handbook of Sound Studies*, 2012)

**Note:** À cette époque, **on parlait de vibrations doubles et non de cycle**, une vibration double étant composée de 2 vibrations simples. Si nous nous référons à l'image du balancier, une vibration simple est l'aller simple, une vibration double est l'aller et retour. Aussi les valeurs indiquées dans les rapports de Scheibler et des autres savants et enquêteurs sont-elles le double de leur valeur en hertz.

## 1858-59, France, arrêté ministériel, 435 Hz

Le gouvernement français réunit une commission chargée d'examiner la possibilité de fixer un diapason pour prévenir la montée du diapason des dernières années, surtout dans l'opéra (*voir La Maîtrise, Joseph d'Ortigue, Question de diapason, 1858*). Menée par deux physiciens (Jules Antoine Lissajous et César Despretz), elle comprenait aussi des musiciens, dont Hector Berlioz et Gioachino Rossini).

**Tableau A.**  
*Tableau des diapasons usités dans les principales villes de France et dans divers pays d'Europe, d'après les types reçus par le ministère d'État.*

ORIGINE.	NOMBRE de vibrations par seconde.	DISTANCES au diapason de l'Opéra de Paris	
		mesurées en vibrations.	mesurées en fractions de ton moyen.
FRANCE.			
Lille.....	904	+ 8,0	+ 0,071
Paris. { Grand-Opéra.....	896		
{ Théâtre-Italien..	896		
Marseille.....	894	- 2,0	- 0,019
Bordeaux.....	886	- 10,0	- 0,096
Toulouse (Théâtre).....	885	- 11,0	- 0,106
Toulouse (Conservatoire)...	874	- 22,0	- 0,210
PAYS ÉTRANGERS.			
Bruxelles (Mus. des guides)	911	+ 15,0	+ 0,144
Londres. { N° 3.....	910,4	+ 14,4	+ 0,138
{ N° 2.....	905	+ 9,0	+ 0,087
Berlin.....	903,5	+ 7,5	+ 0,072
Saint-Petersbourg.....	903	+ 7,0	+ 0,067
Prague.....	899,5	+ 3,5	+ 0,034
Leipsick.....	897,5	+ 1,5	+ 0,014
Munich.....	896,2	+ 0,2	+ 0,002
La Haye.....	892,3	- 3,7	- 0,035
Pesth.....	892	- 4,0	- 0,038
Turin.....			
Wurtemberg.....	889,5	- 6,5	- 0,062
Weymar.....			
Brunswick.....	887	- 9,0	- 0,086
Gotha.....	886,5	- 9,5	- 0,091
Stuttgart.....	886	- 10,0	- 0,096
Dresde.....	882	- 14,0	- 0,134
Carlsruhe.....	870	- 26,0	- 0,250
Londres (N° 1).....	868	- 28,0	- 8,269

*Diapasons utilisés en Europe en 1858. Les valeurs sont exprimées en "vibrations simples", soit le double de leur valeur en hertz.*

*Extrait de L'Année Musicale ou la Revue Annuelle des théâtres lyriques et des concerts des publications littéraires relatives à la musique, P. Scudo, 1859. Cité par Marie-Brigitte Duvernoy, [Le diapason](#), site [Piano & Sons](#)*

La commission mena une enquête internationale pour faire l'état des valeurs des diapasons. Elle révéla un écart de plus d'un ton entre les LA, échelonnés de 434 (Londres) à 455,5 (Bruxelles). En France, de 437 au Conservatoire de Toulouse à 452 à Lille.

Sur proposition de Lissajous et des résultats de la commission, un arrêté fut promulgué par le gouvernement en 1859, **fixant le LA à 435 Hz, pour tous les établissements musicaux d'état**. Il est connu sous le nom de "**diapason normal**".

C'est la première normalisation à l'échelle d'une nation.

## Réactions en Europe

Des institutions étrangères suivent le mouvement impulsé par la France et adoptent le "diapason normal". En Italie, c'est le cas de l'Instituto Musicale di Firenze (Institut musical de Florence) et du Teatro San Carlo (Théâtre Saint-Charles) de Naples.

En Grande-Bretagne, la *Philharmonic Society* l'adopte d'abord, puis le modifie légèrement en 1896 pour un diapason de 439 (*New Philharmonic Pitch*), soit disant pour tenir compte des températures plus froides en Angleterre. Mais pendant ce temps, subsistait le diapason ancien élevé de 452 Hz, conservé par les ensembles militaires, les orchestres provinciaux, mais aussi par les orgues pour des raisons économiques. En effet, ils avaient déjà été réajustés quelques temps avant à 452 et on ne voulait pas renouveler l'opération. Cette situation double dura plus ou moins jusque vers 1920 et même plus tard pour certains ensembles de cuivres.

Dans ses ouvrages, le musicologue belge **Charles Meerens** (1831 - 1909) se fait partisan d'un LA de 432 Hz, pour des raisons mathématiques (voir section suivante), et se désole de l'adoption de 435. Analysant son ouvrage *Le Diapason et la notation musicale simplifiés* (1873), le journaliste Arthur Heulhard écrit (*La chronique musicale*): *D'après [Charles Meerens], la commission réunie à Paris en 1858 pour déterminer un étalon sonore universel, loin d'avoir atteint son but, n'a fait qu'augmenter la discorde dans le camp des musiciens. Le diapason ancien et le diapason nouveau sont en querelle perpétuelle: telle société musicale s'en tient à l'ancien diapason parce qu'elle ne croit pas à l'orthodoxie du moderne; tel virtuose, accompagné par un orchestre, est obligé de déposer au dernier moment l'instrument qui lui est familier pour un instrument d'emprunt; tel chanteur perd la tramontane devant un la qui lui paraît excentrique; tel facteur de piano se voit retourner l'envoi qu'il avait fait la veille: autre ville, autre diapason.*

Malgré la recommandation de 435 Hz, l'ascension du diapason se poursuit, mais plus lentement. En 1917, la fédération américaine des musiciens adopte 440 Hz. En 1938, des relevés indiquent une moyenne de 440 à 442 à Paris, 445 aux États-Unis, 451 en Angleterre, 460,8 en Autriche, 467,5 à Prague.

## Les diapasons dits "scientifiques": DO 256 et LA 432

Au 19<sup>e</sup> siècle, certains veulent convaincre les autorités qu'il vaut mieux un diapason de 432 plutôt que 435 ou 440. C'est le cas du musicologue Charles Meerens et du compositeur italien **Giuseppe Verdi** (1813 - 1901). L'argument avancé est que ce chiffre est scientifique. Qu'est-ce que cela signifie?

### Le diapason dit scientifique qui a été prôné à l'origine est le DO3 de 256 Hz.

Déjà vers **1700**, le physicien **Joseph Sauveur** proposa ce DO de 256 Hz comme le "**ton philosophique**" (c'est-à-dire scientifique). Ce nombre lui plaisait car il contient exactement 8 octaves (c'est 2 à la puissance 8). Autrement dit le DO2 vaut 128, le DO1 64, le DO-1 32, etc. jusqu'au DO-6 qui vaut exactement 1. **C'est ce chiffre 1 qui fascinait Sauveur**, même si le son de 1 Hz est inaudible.

Plus tard, le physicien Ernst Chladni se référait aussi à ce DO 256 comme un "diapason scientifique" dans ses œuvres sur la théorie acoustique.

Charles Meerens était partisan du DO 256, toujours pour la beauté du chiffre 1 (*Le diapason et la notation musicale simplifiés, 1873; Mémoire sur le diapason, 1877*). Rien de véritablement scientifique donc, mais plutôt une attirance esthétique. Puisque le diapason était défini par le LA et non le DO, Meerens dérivait la valeur du LA à partir du DO et défendit ardemment le LA 432. Car, raisonnait-il, **si le DO vaut 256, alors on calcule que le LA vaut 432**.

Or **cela n'est vrai que dans le système pythagoricien** de quintes justes (*voir article Ton et intonation juste*). Mais le système couramment utilisé est celui du **tempérament égal** dans lequel la LA dérivé du DO 256 prend la valeur **430,5**. Il est de **426,6** dans la gamme "naturelle" de Zarlino. Ce diapason n'est donc scientifique que d'apparence.

En **1881**, un congrès de musiciens et de physiciens tenu à **Milan** en Italie se prononça en faveur d'un **LA de 432 Hz**, qu'ils préféreraient au diapason français de 435 à cause de ces considérations mathématiques prenant appui sur le 1.

D'abord adepte du LA 435, Verdi se fit l'avocat de la valeur 432 en Italie. En 1884, il écrivit au président de la commission du gouvernement italien: *Je demande formellement aux orchestres de plusieurs villes d'Italie, entre autres celui de La Scala, d'abaisser leur diapason afin de l'amener à l'unisson du diapason normal français. Si la Commission de Musique instituée par notre gouvernement pense, pour des raisons mathématiques, que les 870 vibrations [LA 435]*

du diapason français devraient être abaissées à 864 [LA 432], la différence est si petite, presque imperceptible à l'oreille, que je suis très heureux de m'y associer. (*Giuseppe Verdi: A=432 only scientific tuning*, Marco Fanini, *Executive Intelligence Review*, 16, 9, 1989)

Un **congrès réuni à Vienne en Autriche en novembre 1885** eut à choisir entre le LA italien de 432 et le LA français de 435. Juste avant, dans un article de *Gazzetta Musicale* de Milan, le journaliste Oscar Berggruen écrivit: *La Commission veut faire la proposition du LA français de 435 vibrations, mais il y de nombreux partisans du LA italien de 432 vibrations. La différence n'est pas majeure, mais à mon avis, le LA italien doit être recommandé particulièrement parce qu'il est divisible en octaves [c'est-à-dire divisible par 2 plusieurs fois] pour l'orgue. Deux octaves plus bas, le LA français tombe sur une fraction, 217,5 vibrations, tandis que le LA italien tombe à 216 vibrations. Le LA italien correspond aussi aux lois de la science...* (citée dans *Giuseppe Verdi: A=432 only scientific tuning*, Marco Fanini, *Executive Intelligence Review*, 16, 9, 1989)

Cette différence de 3 Hz fut l'occasion de joutes politiques intenses. On mit en avant la dépense qu'entraînerait pour les facteurs d'instruments le changement de 435 à 432. Finalement le congrès de Vienne **statua pour le LA international à 435.**

Au 20<sup>e</sup> siècle, la revendication pour le LA 432 fut endossée en France par le compositeur **Robert Dussaut** (1896 - 1969) vers 1950, après que le LA fut fixé à 440 par la commission de Londres de 1939. Sur le site web [Solidarité & Progrès](#) (*Lorsque le diapason de Verdi donnait le «la», avril 2016*), on peut lire:

*Henri Busser, membre de l'Académie des beaux-arts, et Joseph Magrou avaient présenté le 19 juin 1950 une communication de Robert Dussaut, intitulée Acoustique musicale – proposition d'un nouveau son fixe: sol<sub>3</sub>= fréquence 384. D'où La<sub>3</sub>=432. Après avoir constaté l'abandon du diapason normal à 435 Hz et la hausse adoptée au premier congrès de Londres, en mai 1939, Dussaut remarque:*

*"Les musiciens français, en général, se plaignent du diapason à 440 p/s, le trouvant exagérément élevé. Avec ce diapason, les œuvres vocales et chorales sont devenues presque impossibles à interpréter dans le ton original. Il faudrait transposer la plupart de ces œuvres (...). Il apparaît qu'il devient nécessaire de demander l'abaissement du diapason, par un nouveau décret officiel, celui de 1859 étant devenu caduc.*

*La solution idéale serait que les musiciens et les physiciens eussent la même échelle musicale, c'est-à-dire celle de Sauveur, fixant à l'Ut<sub>3</sub> et l'Ut<sub>4</sub> les fréquences 256 et 512, Malheureusement, dans la pratique musicale, la note Ut ne peut servir de diapason, parce que les violonistes ne peuvent s'accorder que sur des cordes à vide; or le violon n'a point de corde Ut. Le son fixe ne doit donc être que La, Ré ou Sol, ces trois notes correspondant aux notes des cordes du violon, de l'alto, etc. Depuis longtemps, les musiciens ont adopté La<sub>3</sub> comme diapason. Ce choix a été malencontreux, car Ut devient alors très variable: la tierce mineure de La à Ut diffère selon qu'il s'agit du système de Pythagore, du tempérament, ou du système de Zarlino."*

*Il propose donc de prendre SOL à 384 comme diapason, ce qui permet de ré-obtenir la même valeur de l'UT à 256 (ou 512) «à la fois dans le système de Zarlino et dans celui de Pythagore. (...) Non seulement Ut serait plus stable, mais le La<sub>3</sub> =432 également, puisque le ton 9/8 est le même dans ces deux systèmes.»*

*Il ajoute :*

*"Les nombres 384 et 432 ont l'avantage de n'avoir d'autres facteurs premiers que 2 et 3. Ils sont plus logiques et d'un emploi plus pratique que 435 (...). Le La serait 8 savarts plus bas que le diapason actuel à 440 p/s, soit environ 1/6 de ton. Tel est le diapason demandé par les musiciens."*

Cette proposition fut approuvée par les membres de l'Académie des sciences en 1950 qui en firent un vœu adressé au Ministre de l'Éducation Nationale.

## 1939, le LA 440

En septembre 1938, le comité acoustique de la radio de Berlin demanda à l'Association britannique de normalisation d'organiser un **congrès international à Londres en 1939**. Il fut organisé par la Fédération internationale des associations nationales de standardisation ou ISA, créée en 1926 (ancêtre de l'Organisation internationale de normalisation).

Il décida de fixer le diapason officiel du LA<sub>3</sub> à 440 Hz à une température de 20 °C, alors que le diapason français précédent de 435 Hz était défini pour une température de 15 °C. C'était le diapason déjà utilisé par la radio allemande. Ceux qui s'opposaient à cette hausse du diapason n'avaient pas été invités. La radio britannique BBC diffusa le signal sonore de 440 Hz généré électroniquement à partir d'un cristal piézoélectrique.

La guerre fut déclarée peu après, et cette résolution ne fut pas officiellement confirmée.

Aux États-Unis, la vogue du jazz se développait, et avec elle, le diapason montait à 440, 445 et jusqu'à 470. Aussi, les facteurs d'instruments à vent européens qui voulaient exporter leurs instruments choisissaient ce diapason haut de 440. Ces considérations commerciales ont contribué à renforcer le choix de 440 sur le plan international.

En **1953**, la Conférence internationale de Londres de l'ISO (*Organisation internationale de normalisation*) réaffirma la valeur de 440 Hz comme diapason officiel du LA3. Les musiciens français qui soutenaient le projet du compositeur Robert Dussaut pour un LA 432 ne furent pas invités. La norme du LA 440 a été rééditée en janvier 1975 (ISO 16:19757).

## Les applications approximatives de la norme

Aujourd'hui, la norme de 440 est majoritairement adoptée par les instrumentistes. Mais ce n'est qu'une recommandation et elle n'est pas appliquée partout. De nombreux orchestres jouent à 442 Hz ou plus haut.

Les fabricants de flutes, clarinettes, hautbois les fabriquent en général au diapason 442, afin d'anticiper sur les variations dues à la température.

Souvent, les instruments traditionnels conservent leur diapason ancien, adapté à leur fabrication. La grande **cornemuse écossaise** conserve son LA aigu de 470 à 480 Hz.

## Choix d'un diapason: plus haut ou plus bas?

De notre enquête approfondie, il ressort que les motivations pour fixer un diapason sont de deux sortes.

La plus générale est le besoin d'**avoir un diapason commun pour pratiquer aisément de la musique ensemble**. La normalisation a répondu à cette nécessité pratique. En même temps que se généralisait la standardisation industrielle, cette normalisation s'est étendue **sur le plan international**.

En deuxième lieu, se pose le **choix de la valeur de cette norme** commune. En mettant à part les motivations pour une valeur précise dite scientifique que nous venons d'examiner, il y a des pressions qui invitent à hausser le diapason, et d'autres à l'abaisser.

En effet, la recherche d'une couleur sonore qui tire parti des instruments existants et des voix a entraîné le diapason vers le haut. Mais la voix des chanteurs et chanteuses en a souffert dans certaines œuvres, d'où leur opposition à cette montée.

## Préserver la voix des chanteurs

Lorsqu'un compositeur écrit une œuvre, la tonalité et les notes écrites sont en relation avec les possibilités d'une part des instruments existants et d'autre part de la pratique vocale ajustée au diapason de l'époque et du lieu. Si plus tard un chef fait **exécuter la même œuvre avec un diapason plus haut, cela demande aux chanteurs des performances plus grandes dans les aigus**. Aussi avec les diapasons hauts du 19<sup>e</sup> siècle, il devenait plus difficile de jouer certaines pièces du 18<sup>e</sup>.

La difficulté vocale surgit non seulement dans les aigus extrêmes, mais dans le **passage de registre**. L'étendue d'une voix comporte trois registres, la voix de poitrine, la voix médium et la voix de tête. Pour passer de la voix médium à la voix de tête, il y a un changement dans le positionnement des cordes vocales qui crée des difficultés aux chanteurs non entraînés. Si on monte le diapason, le son de ce passage correspond à une note plus basse. Par exemple, si le passage d'un chanteur est situé à une hauteur repérée par FA à un certain diapason, le fait de monter le diapason d'un demi-ton fait que le passage se retrouve au niveau du MI. Est-ce important? Des chanteurs professionnels expliquent que pour une œuvre donnée, **cela modifie leur expression sonore**.

Pourtant, au début de notre enquête, nous avons appris que les chanteurs du passé interprétaient une œuvre à la hauteur qui convenait à la tessiture de leur voix, et l'instrumentiste les suivait en transposant. N'est-il plus possible de suivre cette pratique?

Non, car la relation à une œuvre musicale écrite sur une partition a changé. La partition fixe l'œuvre dans sa tonalité. Les musiciens exécutent ce qui est écrit et ne transposent pas. Ils respectent la volonté du compositeur. De plus, dans un orchestre, le nombre de musiciens peut être important et, transposer entraînerait beaucoup de remue-ménage. Transposer ne fait plus partie des coutumes des musiciens d'orchestre.

### Questionnement sur le passage

Je reste interrogatif sur l'impact d'une hausse de diapason sur le passage de registre. Effectivement, cela se comprend si l'on hausse une mélodie d'un ton, ou même d'un demi-ton.

Mais certains chanteurs affirment que cet effet est sensible sur de tous petits intervalles, par exemple en passant de 440 à 432 Hz. Or descendre d'un ton, c'est passer de 440 à 392 (SOL) et descendre d'un demi-ton, c'est passer de 440 à 415 (LA bémol). Passer de 440 à 432, c'est un intervalle de 1/6<sup>e</sup> de ton seulement. Le passage d'un chanteur est-il fixé de façon aussi précise? N'y a-t-il pas un léger recouvrement entre son registre médium et son registre de tête?

Je n'ai pas de réponse à cette question.

## Le rendu sonore des instruments

Par construction, les instruments ont des couleurs spécifiques qui varient selon leur registre. Par exemple, la couleur sonore d'une clarinette n'est pas la même dans ses graves ou dans ses aigus. Un compositeur aura donc envie de lui faire exprimer une certaine douceur ou un éclat sublime en choisissant la hauteur de la mélodie.

Si ce compositeur désire que sa mélodie soit interprétée à un ton plus bas, il a le choix entre deux procédés: abaisser le diapason ou transposer la mélodie.

**Abaisser le diapason** n'est possible que si l'instrument le permet par ajustement, sinon, il faut fabriquer un nouvel instrument avec un diapason spécifié.

**Transposer** semble donc un moyen plus simple. Mais on ne peut transposer que par sauts de demi-tons. Par exemple, le compositeur peut écrire sa musique en MI majeur au lieu de FA majeur. Par comparaison, le diapason peut être abaissé d'une toute petite quantité, inférieure au demi-ton, voire au quart de ton. Toutefois, changer de tonalité, c'est aussi changer les doigtés d'exécution sur l'instrument, jouer un MI au lieu d'un FA, par exemple. Ce n'est pas toujours facile, car certaines tonalités sont plus compliquées que d'autres.

En ce qui concerne les instruments électroniques par contre, le rendu sonore est dans une large mesure insensible à la hauteur choisie, car le spectre, contrôlé par synthèse électronique, reste le même.

La question se pose différemment lorsqu'il s'agit d'interpréter des œuvres du passé en respectant leur tonalité. Ainsi pour la musique baroque, les instruments anciens étaient conçus pour jouer dans certains diapasons, en lien avec la résonance de la matière dont ils sont constitués. Interpréter la musique baroque avec un diapason différent change leur timbre. Si le diapason est élevé, cela est parfois dommageable pour eux. C'est pourquoi actuellement les ensembles de musique baroque choisissent des diapasons de 392 à 415. Comme les diapasons étaient variables d'un lieu à l'autre, il s'agit de moyennes qu'on a retenues par convention. La musique de Mozart et de la fin du 18<sup>e</sup> siècle est généralement interprétée en 430, mais celle de Monteverdi en 440.

### Questionnement sur le rendu sonore

Je reste également interrogatif sur la variation du rendu sonore d'un instrument ou d'un orchestre lorsque le décalage n'est que de 2 ou 8 Hz. À voir...

## Diapason et standardisation industrielle

### Produire à l'échelle mondiale

La progression historique vers la normalisation du diapason a répondu à des motivations économiques et commerciales importantes. Les facteurs d'instruments à sons fixes avaient et ont besoin de savoir à quel diapason fabriquer leurs instruments. Ils voulaient pouvoir les diffuser sur des territoires de plus en plus vastes.

Cette évolution a été concomitante de la marche vers l'industrialisation. Elle s'est inscrite dans un changement de mentalité qui associe un effacement des particularités locales au profit d'une uniformisation globale et un élargissement de la pensée pour embrasser la planète entière.

Dans la deuxième moitié du 18<sup>e</sup> siècle, les processus de production subirent de profondes transformations. Jusqu'alors, on fabriquait les produits un à un artisanalement. L'invention de machines ouvrit la possibilité de produire plus vite et en plus grande série. Cette transformation est nommée par certains historiens la **révolution industrielle**.

C'est dans cette période qu'apparaissent l'exploitation du charbon, la mise au point de la **machine à vapeur** par James Watt en **1769** en **Angleterre**, son application aux machines pour le textile et la sidérurgie, puis à la propulsion des bateaux. La mise au point de la locomotive par les frères Stephenson en 1815 entraîne la construction de **vastes réseaux de chemin de fer**, dont les premières lignes apparaissent dans les années **1830**. Cette évolution s'accroît à partir de **1880** avec l'apparition de **nouvelles sources d'énergie**, gaz, pétrole et électricité, de nouvelles machines (automobiles, outils), et le développement de la chimie et des plastiques.

Tout cela transforme profondément la mentalité des Anglais au milieu du 19<sup>e</sup> siècle, et ensuite des habitants des autres pays.

Les ateliers isolés sont remplacés par des usines, qui s'édifient près des sources de matières premières. Un réseau commercial et financier capitaliste international se développe. Produire plus pour plus de monde pousse les économistes à étudier l'organisation du travail de production. En **1911**, Frederick Winslow Taylor prône une **"organisation scientifique du travail"**. La conséquence logique est l'uniformisation des objets produits en grande série.

**Cette tendance à l'uniformisation et à la rationalisation gagne les instruments de musique et la théorie**

**musicale.** Des modifications ont lieu sur les instruments à vent et les cuivres. L'intonation à tempérament égal se répand, dans laquelle les demi-tons sont tous égaux et interchangeables.

## L'établissement de normes industrielles

Les objets identiques produits en masse doivent pouvoir être utilisés dans différentes régions, différents pays, même éloignés. Cela implique que certaines caractéristiques de ces objets doivent être normalisées. Actuellement par exemple, les prises qui relient les ordinateurs à leurs accessoires sont normalisées selon les normes USB ou HDMI. Des comités sont constitués pour définir ces normes.

Les premières sociétés américaines de normalisation voient le jour à partir de 1912. Ce sont l'*American Institute of Electrical Engineer* (AIEE) et l'*American Engineering Standards Committee* (AESC). En France, l'*Association française de normalisation* (AFNOR) est créée en 1926.

Cette même année, les instituts de normalisation non gouvernementaux d'une quinzaine de pays se rassemblent au sein de l'*International Standards Association* (ISA) ou *Fédération internationale des associations nationales de normalisation*. C'est cette même association qui en 1939 normalise le diapason à 440 Hz.

En 1944, les alliés créent l'UNSCC, *Comité de coordination de la normalisation des Nations Unies* à Londres. L'UNSCC et l'ISA s'unissent et donnent naissance à l'*Organisation internationale de normalisation* (ISO) lors de la conférence des organisations nationales de normalisation à Londres en 1946.

Les unités de longueurs, qui variaient d'un pays à l'autre, d'une région à l'autre sont redéfinies et deviennent potentiellement les mêmes pour toute la planète. Les unités de temps, de masse et d'autres encore sont également redéfinies.

## Dans la création, tout est rapport

La définition du diapason - à titre d'exemple un LA à 440 Hz - comprend deux éléments. D'une part le nombre: 440. Nous avons discuté de sa valeur tout au long de cet article.

D'autre part: **l'unité de fréquence, le hertz**. Il est rare qu'on attire l'attention sur la nature relativement arbitraire de cette unité.

Car dans la Nature et dans la Création cosmique, il est, à ma connaissance, impossible de rencontrer des mesures absolues. Toutes les grandeurs se rapportent à une autre. **Tout est fait de rapports et de proportions entre les multiples éléments de la création.**

## Mouvements dans l'espace

Pour comprendre cette nécessité de relations entre grandeurs, imaginons l'espace cosmique complètement vide. Nous y déposons une balle, et nous lui donnons une impulsion de rotation. Comment pouvons-nous affirmer qu'elle est en mouvement ou au repos?

Il est probable que vous avez l'image de cette balle en rotation. C'est parce que j'ai orienté subtilement votre esprit vers un repère dans cet espace. Ce repère, c'est vous-même. Par rapport à votre conscience ou votre main placées dans cet espace, oui, il y a effectivement le mouvement de rotation que vous avez impulsé.

Mais si on enlève tout repère, si aucun objet, aucune conscience, autre que la balle n'est présent, si la balle est vraiment seule, il est impossible de définir sa position et l'évolution de cette position dans le temps.

**Dans l'espace, on ne peut définir des positions et des mouvements que relativement à un repère.**

## La mesure des longueurs

Il en est de même pour la définition des longueurs et des distances. Elles ne peuvent être définies que par rapport à une autre longueur.

Prenons un bâton. Sa longueur est définie par la distance entre ses deux extrémités. Si je dis que le bâton a une longueur de 80 cm, je dois définir ce qu'est un centimètre. En réalité, **je compare la longueur du bâton à une unité arbitraire que je nomme le centimètre**, elle-même centième partie du mètre.

Le **mètre** a été défini comme la longueur d'un objet en platine déposé en 1799 dans les archives de la république française, le mètre-étalon. Il a été choisi par l'Académie des Sciences en 1791 comme **égal à la dix millionième partie du quart du méridien terrestre**. Encore fallait-il préciser quel méridien, étant donné que la Terre n'est pas une sphère parfaite et que sa surface est irrégulière. Il s'agit donc bien d'un choix arbitraire.

Avec l'évolution technologique et les nouvelles connaissances sur la matière, la définition du mètre change en 1960. Il

est redéfini comme étant égal à 1 650 763,73 fois la longueur d'onde, dans le vide, d'une radiation orangée de l'atome de krypton 86. Puis en 1983, la définition du mètre est devenue *la longueur du trajet parcouru dans le vide par la lumière en 1/299 792 458<sup>e</sup> de seconde*. On constate que la référence est choisie arbitrairement par un groupe de scientifiques qui l'estiment la plus apte à l'utilisation du mètre dans le domaine pratique et technique de haute précision.

De plus, il faut noter que cette définition repose sur la **conviction que la vitesse de la lumière est constante**. C'est le postulat de la théorie de la relativité, issue de l'interprétation de l'expérience de Michelson et Morley par les physiciens. Or j'ai relaté ailleurs (*voir article [L'éther et l'énergie de l'espace](#)*) que l'expérience de Michelson et Morley pouvait recevoir d'autres interprétations et que certains modèles admettent la possibilité d'une variation de la vitesse de la lumière (*par exemple, voir article [Le champ d'énergie de l'espace semi-classique](#)*). Cette nouvelle définition du mètre est donc également un choix arbitraire.

Si nous choisissons une autre unité de longueur que le mètre, par exemple le **piéd**, la longueur du bâton aura une autre valeur: les 80 cm deviennent 2,62 piéd. Les nombres diffèrent complètement. Ils ne sont pas absolus, ils indiquent des **rapports à une unité arbitraire**.

Même lorsque nous choisissons le piéd, il faut préciser de quel piéd nous parlons. Car la définition du piéd a varié et varie selon les époques et les lieux. Il en est de même des autres unités de mesure, surface, volume, poids, etc. *En 1795, il existait en France plus de 700 unités de mesure différentes, issues souvent de la morphologie humaine: [le pouce,] le doigt, la palme, la coudée, le pas, la toise, la brasse (étendue des bras). Ces unités variaient d'une ville à l'autre, d'une corporation à l'autre, mais aussi selon la nature de l'objet mesuré. Ainsi, par exemple, la superficie des planchers s'exprimait en piéd carrés et celle des tapis en aunes carrées. Les mesures de volume et celles de longueur n'avaient aucun lien entre elles. Pour chaque unité de mesure les multiples et sous-multiples s'échelonnaient de façon aléatoire, ce qui rendait tout calcul extrêmement laborieux. (d'après [Histoire de la mesure, Métrologie Française](#))*

Les investigateurs qui tentent de retrouver la valeur du diapason d'un orgue à partir des dimensions des tuyaux rapportées en piéd dans un ouvrage ancien doivent tenir compte de ces variations. Le piéd était différent d'un endroit à un autre: en Allemagne, on avait le piéd de Nuremberg de 303,9 mm, celui de Vienne (317,6), de Berlin (313,85), de Dresde (283,1 mm). En France la valeur du piéd était moins dispersée car fixée par le roi (piéd du roy, 324,8 mm).

Il est donc frappant que la valeur numérique d'une longueur est étroitement liée à l'unité que se donne une communauté. Par contre **si j'ai deux bâtons, le rapport de leurs longueurs est immuable, quelle que soit l'unité de mesure**. Si l'un est de 80 cm, et l'autre de 40 cm, le rapport des longueurs sera toujours 2, qu'elles soient exprimées en cm, en piéd ou en pouces.

Bien plus, pour déterminer ce rapport, il est inutile de passer par la mesure en cm, il suffit de poser le bâton le plus court sur l'autre et de le reporter sur sa longueur totale: deux fois dans ce cas. C'est le bâton le plus court qui devient l'unité de longueur. Cela montre qu'un rapport se situe sur un niveau plus abstrait, plus conceptuel qu'une mesure qui doit passer par un étalon matériel.

## La Terre, la seconde et le hertz

Le même type de considérations s'applique à la mesure du temps.

Comment mesurer le temps qui passe? Contrairement aux longueurs, nous ne pouvons pas le comparer à un objet étalon, mais à la **durée du mouvement d'un objet en mouvement cyclique, choisi comme repère**.

C'est ainsi que la durée d'un jour est définie par le mouvement de rotation de la Terre repéré par rapport au soleil. L'heure en dérive comme en étant la 24<sup>e</sup> partie. La seconde est définie comme 1/3600<sup>e</sup> d'heure, soit 1/86400<sup>e</sup> de jour solaire. Tout semble parfaitement clair et bien défini en apparence.

Or **le mouvement de la Terre par rapport au soleil n'est pas absolu**. Sa durée peut recevoir deux définitions. En effet, pour définir le temps de rotation de la Terre sur elle-même, comment peut-on repérer que la Terre a effectué précisément une rotation complète? Si vous jouez à la roulette et que vous la faites tourner, vous saurez qu'elle a effectué un tour complet lorsque un signe particulier de la roulette repasse devant un repère fixe. Nous constatons donc la nécessité d'un tel repère.

Or dans l'espace, il n'y pas de repères fixes, tout bouge sans cesse, lentement ou rapidement. Le soleil se déplace vers l'étoile Véga, il tourne avec la galaxie, et il oscille autour du plan moyen de cette galaxie (*voir article [Spirale, mouvement primordial de vie](#)*). C'est pourquoi, selon le repère choisi, on a deux définitions de la durée de rotation de la Terre. Si on repère un tour complet lorsqu'on se retrouve face au soleil, c'est la **rotation appelée synodique**. Si on le repère par rapport à des étoiles, c'est la **rotation sidérale**.

**L'heure est précisément définie comme 1/24<sup>e</sup> de la durée de la rotation synodique**. Celle-ci vaut donc, par définition, 24 h. La période de rotation sidérale de la Terre est de 23 h 56 min 4 s. La définition de la seconde semble donc réglée, à ceci près que **la rotation synodique de la Terre n'est pas une constante**.

La Terre subit des ralentissements et des accélérations de façon irrégulière. Son mouvement est complexe. À sa



rotation propre s'ajoutent **le mouvement de précession** (mouvement conique décrit par l'axe autour de sa position moyenne sur une période de 26000 ans) et **le mouvement de nutation** (oscillation de l'axe sur une période de 18,6 ans). La rotation elle-même subit des changements décennaux (entre 10 et 70 ans) de l'ordre de cinq millisecondes. C'est pourquoi un ajustement est régulièrement nécessaire. Il est effectué en ajoutant ou retranchant une seconde intercalaire.

On a donc abandonné la définition de la seconde par rapport à la rotation de la Terre. En 1956 elle a été redéfinie comme  $1/31\,556\,925,9747^e$  de la période orbitale de la Terre de 1900. Puis on a abandonné la référence à la Terre. En 1967, le *Comité International des Poids et Mesures* l'a définie par référence au temps atomique de l'atome de césium 133. **La seconde est l'intervalle de temps qui comprend 9 192 631 770 oscillations entre deux états énergétiques particuliers du césium.**

On constate à nouveau que l'unité de temps, la seconde, est une unité définie arbitrairement par une communauté pour des raisons pratiques et technologiques.

La définition du **hertz** dérive directement de celle de la seconde, puisque c'est un cycle par seconde. Il est donc lui-aussi attaché au caractère fluctuant de la matière cosmique. La valeur numérique d'une fréquence est dépendante du choix de cette unité.

Ces fluctuations paraissent tellement minuscules qu'elles n'ont aucune incidence décelable pour la pratique musicale. Cependant mon propos est d'ordre philosophique, c'est-à-dire nous aspirons à mieux comprendre la nature des choses et comment elles sont reliées entre elles et à nous.

Si nous avons conscience que la seconde n'est pas une donnée absolue de l'univers, mais une définition que nous avons élaborée par notre pensée en la reliant au césium, donc à la matière, alors nous pouvons en saisir le caractère relatif et impermanent. La structure du césium n'a rien d'éternel. J'ai montré dans l'article [Le champ d'énergie de l'espace semi-classique](#) que les niveaux d'énergie atomiques sont la conséquence directe de la densité d'énergie du vide spatial, qu'ils peuvent changer si cette densité est modifiée pour une raison cosmique, et par conséquent également la fréquence de transition d'un niveau à l'autre.

## La géométrie de la nature et du cosmos

Bien que la matière bouge et fluctue, elle est sous-tendue par des schémas géométriques précis inscrits à des niveaux plus abstraits. C'est ce que j'ai montré dans mon article [Aspects géométriques et sonores des créations de l'univers](#).

De la même façon qu'une maison est la manifestation matérielle et imprécise d'un plan précis conçu par un architecte, de même la manifestation cosmique et terrestre est l'expression approximative d'un programme géométrique abstrait vivant. Ces géométries sont complexes et incluent essentiellement des polyèdres, des spirales et des fractales.

Or toutes ces géométries sont définies par des rapports et non par des mesures absolues. Un cube reste un cube, que ses côtés mesurent 1 mm ou une année-lumière. Il est défini par ses 6 faces carrées égales, donc par les rapports d'égalité entre ses côtés, entre ses faces, entre ses angles.

La création repose fondamentalement sur des rapports. Cela était bien connu jusqu'à la Renaissance, et on faisait alors des analogies entre les créations à notre échelle (le microcosme) et les créations cosmiques (le macrocosme). À ce sujet, on cite volontiers la maxime du texte alchimique *la Table d'émeraude* attribuée à Hermès-Trismégiste: *Ce qui est en bas est comme ce qui est en haut, et ce qui est en haut est comme ce qui est en bas.*

Par contraste, le 17<sup>e</sup> siècle a inauguré l'ère de la classification, de la codification, et de la mesure. L'histoire du diapason s'inscrit dans ce besoin de codifier.

## Pour une musique vivante

Plaçons-nous maintenant du point de vue des auditeurs de musique et demandons-nous quel effet la musique produit sur notre âme et sur notre corps. Au-delà des compositeurs et des interprètes, c'est bien évidemment l'essentiel. La hauteur du diapason a-t-elle une influence sur la qualité de l'audition et sur le plaisir de l'auditeur?

### Le sentiment de l'auditeur

Il y a des musiques qui font du bien, revigorantes, dynamisantes, joyeuses, apaisantes, relaxantes, etc. et il y a des musiques qui induisent des émotions d'angoisse ou de rage, d'autres qui assomment le système nerveux et déstructurent la personnalité.

Quels sont les éléments de la musique qui concourent à procurer ces états? Est-ce le fait de fixer un diapason plus ou moins haut?

Si c'était le cas, cela mettrait de côté toutes les musiques qui ignorent un diapason, toutes les musiques antérieures au

18<sup>e</sup> siècle, toutes les musiques traditionnelles.

Les paramètres qui concourent à procurer un sentiment spécifique sont nombreux. Ce sont: les rythmes, la couleur des instruments et des voix (timbre), le volume sonore, le style de mélodie, son mode et sa tonalité, le choix des harmonies entre voix polyphoniques.

L'ambiance sonore est bien différente selon que la musique est moyenâgeuse, baroque, classique, romantique, contemporaine, dodécaphonique, concrète, africaine, chinoise, rock, jazz, techno, comédies musicales, etc. et ceci quel que soit le diapason. (*voir article [Évolution de la musique du Moyen-Âge à nos jours](#)*)

Lorsqu'une musique vous semble assommante, pensez-vous qu'il suffit de faire varier le diapason un peu plus haut ou un peu plus bas pour qu'elle se trouve miraculeusement harmonisante?

## L'intonation et les rapports entre notes

Un élément important à prendre en compte dans le sentiment procuré est le système d'intonation. La mélodie n'est pas seulement élaborée dans un mode et une tonalité, mais dans un système d'intonation qui fixe **la grandeur des intervalles entre notes**.

Par exemple, choisir la fréquence d'un DO ne suffit pas à fixer la fréquence des autres notes de la gamme. Même si l'on sait qu'il y a un intervalle de tierce entre DO et MI, cette tierce peut être plus ou moins grande selon qu'on choisit le système à tempérament égal à octaves justes, le système à tempérament égal à quintes justes, le système à tempérament inégal, le système de Zarlino ou celui de Pythagore. Actuellement, il est devenu automatique que le système employé est la gamme tempérée, de sorte qu'on ignore généralement qu'elle est une convention récente et une commodité qui n'est nullement une nécessité. À l'opposé, on ignore généralement le système à tempérament égal à quintes justes de Serge Cordier qui, selon les témoignages, procure une sensation plus rayonnante. (*voir article [Ton, tempéraments et intonation juste](#)*)

**La valeur des intervalles et les rapports entre les notes sont pourtant un aspect essentiel pour un musicien**, car l'oreille est sensible à la grandeur des intervalles avec une grande précision. Elle peut atteindre, pour l'oreille entraînée, le centième de ton.

Cette sensibilité aux rapports entre les notes nous ramène à notre observation que **les rapports entre les éléments sont l'essence de la création, et non la valeur absolue d'un élément isolé**.

## L'effet des fréquences sur l'âme et le corps

Les sons ont un impact sur et dans notre corps physique. Dans mon article [Résonances des sons dans le corps](#), je montre qu'ils **résonnent dans différents endroits du corps**, et que ces résonances dépendent de la **hauteur des sons**, c'est-à-dire des fréquences sonores émises (*voir article [SON: hauteur et fréquence](#)*). Elles dépendent également du **timbre**, qui résulte lui-aussi de la richesse en fréquences (*voir article [Couleurs sonores: timbres et harmoniques](#)*).

Or une musique vocale et instrumentale produit une multitude de fréquences qui résonnent dans toutes les parties du corps. Si l'on pense qu'une seule note contient en elle-même tout un ensemble d'harmoniques, alors imaginez l'abondance de fréquences de toutes hauteurs lorsque plusieurs notes se succèdent au long de la mélodie et qu'elles se superposent, produites simultanément par plusieurs musiciens.

## Pensées et intentions

Les considérations mathématiques sur la grandeur des intervalles ne doivent pas nous faire oublier que cela ne concerne que les instruments à sons fixes. Pour les violons, par exemple, et surtout pour la voix, les intervalles sont éminemment plastiques. Au lieu d'obéir à la règle mathématique, ils se rétrécissent et s'étirent en fonction du sentiment exprimé.

Voici ce que j'ai écrit à ce sujet dans l'article [Ton, tempéraments et intonation juste](#): "*Lorsque l'artiste chante, il emploie souvent d'instinct une **justesse expressive**, différente de la justesse naturelle (celle des gammes naturelle ou de Pythagore) et de la justesse tempérée (gamme tempérée). La justesse expressive accentue le caractère attractif, appellatif (ou résolutif) de la note naturelle afin de lui donner une valeur caractéristique bien déterminée, mais variable selon les cas (E. Willems). Ainsi de SI à DO, le demi-ton se réduit parfois à un quart de ton dans certains contextes expressifs, soit parce que le SI est attiré par le DO en DO majeur, soit parce que le DO est attiré par le SI, en LA mineur.*"

Cette justesse expressive est donc guidée par le sentiment et l'intention. En fait, dans toute musique, une part importante du rendu sonore et de son effet sur l'auditeur est dû aux pensées et aux émotions du compositeur, des interprètes et des ingénieurs du son. Quelle intention mettent-ils dans le morceau de musique? Sont-ils portés par un texte, une passion, une ferveur, peut-être des incantations, une foi?

Cela m'a fait penser à la musique des groupes soufis, africains ou amérindiens qui est capable de créer des états de transe chez les danseurs. Je me suis demandé ce qui faisait la puissance de ces musiques. J'ai interrogé un spécialiste

de la musique arabe, M. **Abdou Ouardi**, joueur de oud international réputé.

Il me répondit que la transe soufie était très réelle. **Les musiciens ne se préoccupent pas de diapason pour induire une telle transe.** Ce sont d'autres caractéristiques de la musique et des musiciens qui entrent en jeu, et principalement le **rythme**. La musique est généralement produite par des instruments de percussions (tambours, bendir..) et pas d'instruments à cordes. Dans un autre genre, au Maroc, on emploie le hautbois marocain (la gaita) associé à des percussions. On assiste à des phénomènes époustouflants. La transe est si puissante que le corps est mis dans des états physiologiques non ordinaires. Certains Gnawa peuvent avaler de l'eau bouillante, se transpercer le ventre avec des couteaux ou se frapper la tête avec un sabre sans dommages.

J'ajoute toutefois que ce sont là des traditions archaïques qu'il n'est pas nécessaire d'adopter pour arriver à des guérisons. Il existe d'autres moyens pour créer des états modifiés de conscience, porteurs d'amour et de respect pour notre temple corporel. Certains de ces moyens emploient des géométries et des sons sacrés (*voir mes articles [Spiritualité et Développement personnel](#) et [Les codes géométriques et sonores de l'être humain](#)*). J'ai cité ce phénomène de transe dans le seul but d'alimenter notre réflexion sur les effets puissants de la musique et sur les paramètres qui y concourent.

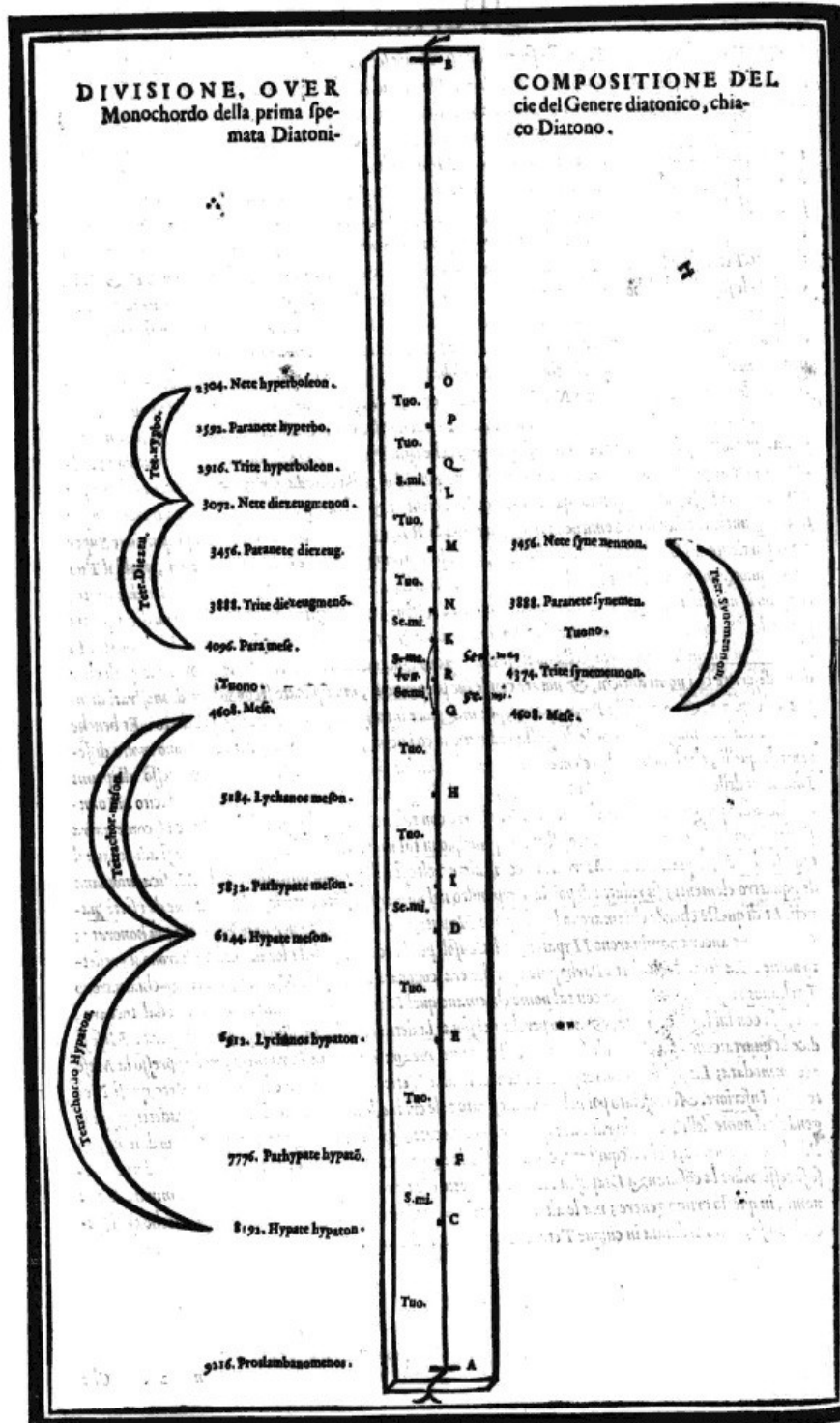
La musique est vivante. Elle transmet des énergies complexes qui dépendent de paramètres dépassant de loin la seule valeur du diapason.

## Hexacordes et solmisation au Moyen-Âge

En Grèce antique, la théorie et la pratique musicale s'appuyaient sur le concept de **tétracorde**, suite de 4 notes consécutives dont les deux extrêmes sont distantes d'une quarte juste (rapport de fréquences 4/3).

Si l'on s'en réfère au traité *Le Istitutioni Harmoniche*, du compositeur italien et grand théoricien de la Renaissance **Gioseffo Zarlino** (1517-1590), qui étudiait les systèmes musicaux de l'Antiquité et de son époque, **les chanteurs de la Grèce antique** avaient comme guide expérimental le **monocorde**, un instrument fait d'une très longue corde tendue sur une planchette et divisée par un chevalet mobile (voir la description dans la première partie de cet article).

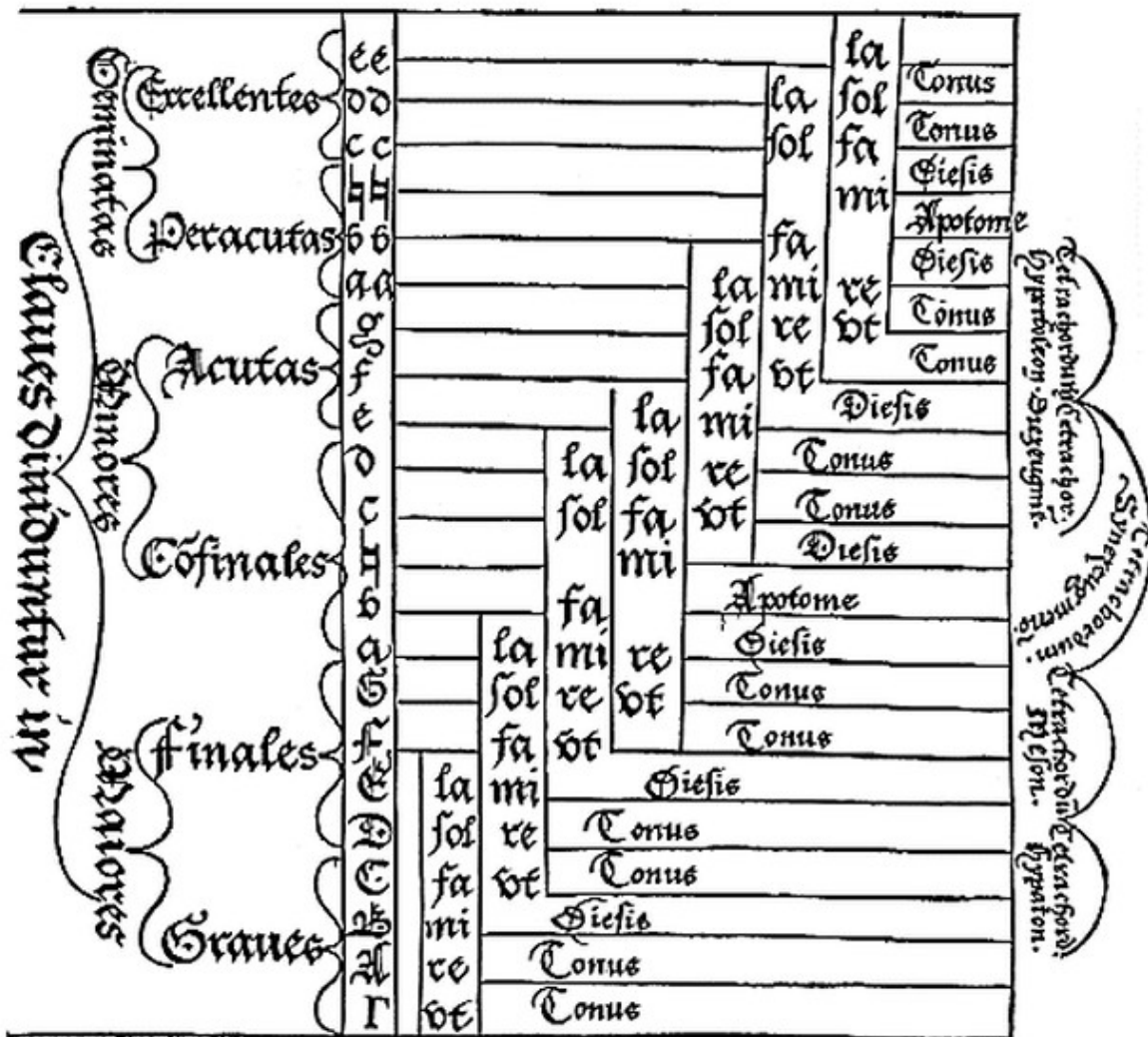
La planchette du monocorde grec comporte des repères pour positionner le chevalet et l'indication de la note produite pour cette position. Or ces repères de notes sont groupés par 4 séparés par des intervalles précis, et l'ensemble est appelé un **tétracorde**.



Le monocorde diatonique de l'espèce diatono selon Zarlino  
Zarlino, *Ist*, édition de 1558, II, 28

5 tétracordes successifs sont inscrits sur la planchette. Chacun d'eux est désigné par un nom grec (hypaton, meson, diezeugmenon, ...) de même que les 4 notes de chacun des tétracordes. Les tétracordes se chevauchent, la note haute de l'un pouvant être aussi la note basse d'un autre. Il y a donc un total de 16 notes.

Au Moyen-Âge, le moine bénédictin italien **Guido (ou Gui) d'Arezzo** (992 - après 1033) étend le tétracorde de deux degrés vers le bas, créant un **hexacorde**. Il remplace les noms grecs des 6 degrés de l'hexacorde par les noms syllabiques *ut, ré, mi, fa, sol, la*, quelle que soit sa hauteur.



D'après Yssandon 1582, 11v.

YSSANDON, Jean (1582). *Traité de la Musique Pratique*, Paris, Adrian le Roy et Robert Ballard  
[www.contrepoint-historique.com/20](http://www.contrepoint-historique.com/20)

Le système complet, souvent appelé **main guidonienne** parce qu'il l'avait inscrit sur les 5 doigts de la main à titre mnémotechnique, comporte 7 hexacordes totalisant 22 notes. Chacun est ancré à une hauteur repérée par les lettres A à G, appelées **clés**, indiquées sur la planche. Elles préfigurent les noms actuels des notes dans les pays anglophones et germaniques, et les clés de l'écriture musicale sur une portée.

Comme les hexacordes se chevauchent, à une clé correspond souvent une note de plusieurs hexacordes. Par exemple la même clé G peut désigner le SOL de l'hexacorde bas, le RÉ de l'hexacorde plus élevé, et l'UT de l'hexacorde supérieur. À la Renaissance, cette note était donc désignée comme *G-sol-ré-ut*.

Nous retenons de cette description que les syllabes *ut, ré, mi, fa, sol, la* correspondent aux six degrés d'un hexacorde, et non à une hauteur absolue.

Le chanteur solmiste en utilisant les voix de l'hexacorde dans lequel sa mélodie évolue. Si elle dépasse les limites d'un seul hexacorde, il change d'hexacorde (*muance* ou mutation).

La notion de gamme était donc complètement inconnue.

On remarque que notre SI actuel est absent de la main guidonienne. Effectivement, au-dessus du LA, on change d'hexacorde, et on se retrouve sur un MI. Tous les demi-tons se chantent donc MI-FA

## En savoir plus

### Sites internet en français

- [DIAPASON](#), article de l'Encyclopædia Universalis, Jacques Chailley
- [Le diapason](#), chapitre 7 du [Cours d'Organologie](#) de Nicolas Meeus
- [La question du diapason](#), Muse Baroque, magazine de la musique et des arts baroques, 2010.
- [Le diapason](#), dossier du site papiermusique.fr
- [Le diapason électronique à l'Opéra](#), E. Leipp, M. Castellengo et F. Agostini, réunion du GAM (Groupe d'Acoustique Musicale) n°40 à Paris, 1970
- ["Intonation juste" à la Renaissance: idéal ou utopie?](#) Olivier Bettens
- Sur la solmisation: [Do fixe ou do mobile?: un débat historique](#), Louis Daignault, Recherche en éducation musicale n°31, Faculté de Musique de Laval, Québec, janvier 2014; [SOLMISATION](#), article du Dictionnaire Larousse de la Musique
- Sur la notation: [L'évolution de la notation](#), sur le site de musique classique Symphozik; [La notation musicale](#), dans le site Découvrir la musique médiévale de Louise Forget
- [Les divas et le diapason](#), Nicole Scotto di Carlo, Laboratoire Parole et Langage, CNRS, Marseille, Revue Médecine des arts, 1997, 21
- [De la détermination du ton normal ou du diapason pour l'accord des instruments de musique](#), Aristide Cavallé-Coll, 1859. Texte historique sur "la nécessité d'adopter un diapason normal" et sur les travaux de Henri Scheibler, avec un "tableau comparatif des nombres de vibrations du ton des instruments depuis 1700 jusqu'à nos jours" (1859)
- [La curieuse querelle du diapason; quand les partisans du 432 hertz s'en prennent à la norme internationale de 440 hertz](#), John Stuart Reid, 2016
- [Le La 432 Hz est-il un mythe?](#) Emmanuel Comte
- [Le diapason 528 Hz est-il un mythe?](#) Emmanuel Comte
- [Lorsque le diapason de Verdi donnait le « la »](#), conférence internationale de l'Institut Schiller sur le diapason et la musique classique, 9 avril 1988 à Milan incluant les exposés suivants: *Quand de grands artistes proclament qu'il faut revenir au diapason scientifique de Verdi; Giuseppe Verdi et le diapason scientifique; La lutte pour le diapason scientifique: un historique.*
- DO 256 et LA 432: [Analyse de l'ouvrage de M. Ch. Meerens: Le Diapason et la notation musicale simplifiés](#), par Arthur Heulhard, La Chronique musicale: Revue bimensuelle de l'art ancien et moderne, 1873, vol. 1
- [Révolution industrielle](#), article de l'encyclopédie Larousse
- Encyclopédie Wikipédia: [Acoustique](#); [Diapason](#); [Solmisation](#); [Neume](#); [Révolution industrielle](#); [Rotation de la Terre](#); [Période de rotation](#); [Seconde intercalaire](#)

### Sites internet en anglais

- [A brief history of the establishment of international standard pitch a=440 hertz](#), Lynn Cavanagh
- [Concert Pitch - a Variable Standard](#), 2012
- [Choral and Instrumental Pitch in Church Music 1570-1620](#), Nicholas Mitchell, The Galpin Society Journal, 1995, 48, 13-32
- [A Survey of Pitch Standards before the Nineteenth Century](#), Ephraim Segerman, The Galpin Society Journal, 2001, 54, 200-218
- Wikipedia: [Concert pitch](#)

### Dossier Musique et Sons dans le site spirit-science.fr

- [Histoire de la notion de fréquence sonore. Apparition du concept et développement des procédés de mesure.](#) Ce n'est qu'au 17<sup>e</sup> siècle qu'on a compris le lien direct entre la hauteur d'un son et la vitesse de sa vibration (sa fréquence). Mais on était alors dans l'incapacité d'évaluer cette fréquence. Il a fallu le développement progressif, à partir du 19<sup>e</sup> siècle, de moyens techniques de mesure issus de recherches scientifiques - gravure et visualisation des vibrations - pour aboutir à la situation actuelle où la l'expression de la hauteur d'un son par sa fréquence en hertz nous est devenue familière et banale.
- [https://www.spirit-science.fr/doc\\_musique/polyphonie.html](https://www.spirit-science.fr/doc_musique/polyphonie.html). Du plaint-chant à la polyphonie, de la monodie à l'harmonie, du modal au tonal puis à l'atonal, les formes de l'expression musicale n'ont pas cessé de s'inventer et de se réinventer tout au long de l'histoire. Dans cette évolution, c'est l'âme humaine qui s'explore sous toutes ses facettes. Quelle que soit l'époque, certaines musiques nous nourrissent, d'autres nous causent des préjudices. (Illustrations sonores)

corps sont susceptibles d'être mobilisées en fonction de la hauteur et du timbre de ces sons. Apprendre à ressentir et prendre conscience de ces résonances, et plus particulièrement celles provoquées par notre propre voix chantée, est une porte essentielle pour développer d'autres dimensions subtiles de notre être.

- **Modes et gammes**

1. **Nature et constitution.** La gamme est un condensé de mélodie qu'on peut appréhender sans connaître le solfège, par l'approche sensorielle. La notion de mode est tout aussi naturelle. Un mode, c'est ce qui reste fixe lorsqu'on change la hauteur de la mélodie. C'est une façon de diviser l'octave en échelons intermédiaires. La gamme, c'est ce qui change dans un mode lorsqu'on change la hauteur de la mélodie. Cette distinction est apparue récemment dans l'histoire musicale, en même temps que l'idée de hauteur absolue.
2. **Défilé de modes.** Ceux qui, conditionnés par le gavage scolaire, s'imaginent que l'univers musical repose en tout et pour tout sur les modes majeur et mineur, devront réviser leur point de vue et reculer les frontières de leur esprit. La construction des modes devient un jeu surprenant et amusant. De la manière d'arranger des intervalles à l'intérieur d'une octave. Découverte de nombreux types de modes produits par des cultures créatives de notre vaste monde. Modes pentatoniques et heptatoniques. Gammes occidentales, tziganes, indiennes, contemporaines, chinoises, arabes, etc. avec illustrations sonores.
3. **Ton, tempéraments et intonation juste.** Pourquoi les interrogations sur la définition du ton et les intervalles constitutifs des gammes ont-elles préoccupé tant de compositeurs et musicologues depuis l'antiquité grecque? Le ton n'est-il pas une donnée absolue? Il y a des réponses techniques et mathématiques. La gamme tempérée a succédé à d'autres gammes, telles que les gammes pythagoriciennes et la gamme de Zarlino. Elle n'est qu'une mode passagère, correspondant à une époque. Sa remise en cause actuelle correspond à une phase de déconditionnement. Toutefois l'essentiel réside dans l'effet sonore qui résulte de la gamme et comment elle résonne et agit sur le corps. Les recherches actuelles tentent de trouver une intonation qui soit juste pour le corps et l'être.

- **Les sons créateurs de formes. Les sons ont-ils participé à la formation de l'univers?** Lorsqu'une plaque sur laquelle on a déposé du sable ou un liquide est soumise à une vibration ou à un son, le sable ou le liquide s'arrangent en d'extraordinaires figures géométriques. Ces figures sont segmentées en cellules symétriques d'autant plus fines et complexes que la fréquence vibratoire est élevée. Des gouttes d'eau isolées pulsent et s'organisent en polyèdres. Par ce procédé, le son est transcrit en formes. La voix humaine produit de merveilleuses figures et l'on peut suivre les formes d'une musique. Beaucoup de ces figures acoustiques sont analogues à des formes que l'on trouve dans les végétaux et et les animaux, et aussi dans les planètes et les crop-circles. Se pourrait-il que le monde et la nature aient été créés par des sons, comme le rapportent les mythes de nombreuses traditions?

## Livres

- Syntagma Musicum, tome II: De Organographia, Michael Praetorius, 1619. La traduction anglaise des parties III à V est [disponible en numérique](#)
- Die Lehre von den Tonempfindungen als physiologische Grundlage für die Theorie der Musik, Hermann von Helmholtz, première édition 1863. Traduction anglaise de Alexander J. Ellis, [On the Sensations of Tone as a Physiological Basis for the Theory of Music](#), 1875
- [A History of Performing Pitch: The Story of "A"](#), Bruce Haynes, 2002, The Scarecrow Press. Son analyse dans [Historic Brass Society Journal](#), 2003

Texte conforme à la [nouvelle orthographe française](#) (1990)

8 aout 2016

© COPYRIGHT 2016 - ALAIN BOUDET

WWW.SPIRIT-SCIENCE.FR - FRANCE

TOUTS LES DOCUMENTS PRÉSENTS SUR CE SITE SONT PROTÉGÉS PAR LES LOIS SUR LES DROITS D'AUTEUR.

[LES PUBLICATIONS DE CE SITE SONT IDENTIFIÉES PAR LE NUMÉRO INTERNATIONAL ISSN 2430-5626](#)

CET ARTICLE EST L'ABOUTISSEMENT D'ÉTUDES, D'INVESTIGATIONS, DE COMPRÉHENSIONS, DE SYNTHÈSE, DE RÉFLEXIONS, DE CLARIFICATIONS ET DE REFORMULATION EN LANGAGE SIMPLE, QUI ONT DEMANDÉ UNE SOMME IMPORTANTE DE TRAVAIL. SI VOUS DEVIEZ EN TIRER PARTI DEVANT UN PUBLIC DE LECTEURS OU DE SPECTATEURS OU POUR QUOI QUE CE SOIT, MERCI DE LE CITER.