**Zeitschrift:** Bulletin de la Société des Sciences Naturelles de Neuchâtel
**Herausgeber:** Société des Sciences Naturelles de Neuchâtel
**Band:** 10 (1873-1876)

**Artikel:** Recherches sur les tuyaux sonores
**Autor:** Schneebeli
**DOI:** https://doi.org/10.5169/seals-88091

**Nutzungsbedingungen**
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

**Conditions d'utilisation**
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

**Terms of use**
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

**Download PDF:** 07.08.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch**

# RECHERCHES

# SUR LES TUYAUX SONORES

PAR

M. LE Dr SCHNEEBELI,

professeur à l'académie de Neuchâtel.

Les tuyaux sonores qu'on emploie dans la musique se composent en général d'un tube cylindrique ou prismatique, contenant de l'air qui est mis en vibration au moyen d'un courant d'air passant à travers l'embouchure.

Suivant les formes qu'on a données à l'embouchure, on distingue les *tuyaux à bouche* et *les tuyaux à anche*.

Dans les tuyaux à anche, la colonne d'air contenue dans le tube est mise en vibration au moyen d'une lame élastique en bois ou en métal, qui est déviée de sa position d'équilibre par le courant d'air et ramenée par son élasticité propre dans sa position primitive. Les vibrations de l'anche qui en résultent peuvent se faire de deux manières différentes : ou bien, la lame fait ses oscillations en dehors de la rigole, fermant la rigole à chaque oscillation et en interrompant de cette ma-

nière le courant d'air ; ou bien les oscillations ont lieu en dehors et en dedans de la rigole qui se trouve fermée ainsi deux fois par vibration.

Il faut bien distinguer de ces embouchures à anche décrites ci-dessus, qui se trouvent dans les hauts-bois, clarinettes, bassons, dans les tuyaux à anches des orgues, etc., tous les instruments de cuivre qui s'embouchent par un entonnoir, où l'on applique les lèvres, qui en vibrant l'une contre l'autre font naître des oscillations et jouent ainsi un rôle analogue à celui des languettes.

Dans les tuyaux à bouche, l'embouchure est simplement formée d'un biseau, la lèvre supérieure, sur laquelle le courant d'air qui sort d'une fente étroite, la lumière, est brisé et donne naissance à des oscillations de la colonne d'air dans l'intérieur du tube.

Voici l'explication qu'on donne généralement du phénomène d'ébranlement de la colonne d'air, par le courant d'air sortant de l'embouchure.

Dans les tuyaux à anche, l'air passe du porte-vent, entre la rigole et l'anche et soulève cette dernière, qui par sa force élastique est ramenée et fait de cette manière des vibrations en fermant chaque fois le passage de l'air dans le tuyau. Mais chaque fois que l'air entre dans le tuyau, nous aurons une compression de l'air qui y est contenu ; cette compression se propage dans le tuyau avec la vitesse du son. Après une oscillation de la languette nous aurons de nouveau une compression qui suivra la première et ainsi de suite. Si maintenant la longueur de ces ondes obtenues dans l'intérieur du tuyau correspond aux longueurs d'ondes sonores dont notre tuyau est capable, le tuyau entrera en vi-

bration. Il faut donc pour que l'air dans le tuyau soit ébranlé et fasse des oscillations régulières, que la période d'oscillation de la languette corresponde à la durée d'un son dont la colonne d'air dans le tube soit capable.

On atteint cela à l'aide de la rasette, un fil de fer recourbé qui repose sur la languette et qui peut être enfoncé plus ou moins; la partie vibrante de la languette étant raccourcie ou allongée, le nombre des vibrations augmente ou diminue.

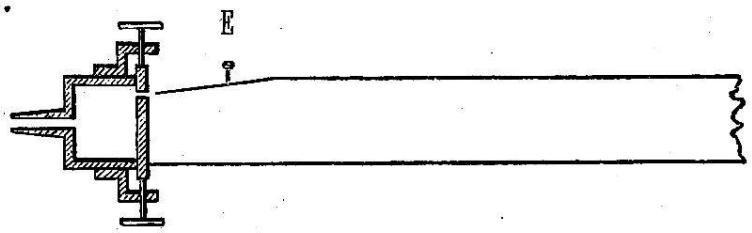
Ces considérations s'appliquent sans rien changer aux deux espèces de tuyaux à anche et aux instruments de cuivre. Cependant, pour ces derniers, la théorie mathématique de Helmholtz montre des différences assez considérables. J'ajouterai encore que dans les instruments de cuivre, comme ce sont les lèvres qui produisent l'intermittence du courant d'air, c'est leur tension différente qui fait coïncider leur durée d'oscillation avec les périodes des sons du tuyau.

En ce qui concerne maintenant les tuyaux à bouche, les vibrations de la colonne d'air sont obtenues de la manière suivante, d'après les explications usuelles. Le courant d'air arrivant de la fente étroite se brise sur le biseau et pénétrant en partie dans l'intérieur du tube y produira une compression; de cette compression que le courant exerce sur l'air voisin du biseau et de la réaction de l'air comprimé, résultent des oscillations qui peuvent engendrer les vibrations dont le tube est capable. Cependant l'explication de ce phénomène n'est pas suffisamment claire et on verra tout à l'heure

[1] Helmholtz: zur Theorie der Zungenpfeifen, Pogg. Anal. vol. 114, pag. 321.

qu'elle ne rend pas compte d'une manière satisfaisante des résultats des expériences que je vais décrire.

La question que je me suis posée est celle-ci : étudier le mouvement de l'air dans le voisinage de l'embouchure des tuyaux à bouche.




Le tuyau qui a servi aux expériences se compose d'un tuyau ouvert, prismatique, à section rectangulaire (45$^{mm}$ sur 50$^{mm}$ à l'intérieur et de 803$^{mm}$ de longueur) ; les parois sont en bois de chêne, sauf une qui est en verre pour permettre l'observation du mouvement de l'air dans l'intérieur du tube. Elle est fixée aux autres par deux crochets, l'un au milieu, l'autre à l'extrémité du tube et mastiquée en outre avec de la cire. Le porte-vent est en laiton, un de ses côtés se compose de deux plaques mobiles formant entre elles une fente étroite. La distance des deux plaques et la position de la fente peuvent être variés au moyen de vis micrométriques, comme le montre la figure ci-dessus.

Cette partie du tuyau est exécutée avec beaucoup de précision ; l'épaisseur des plaques est de 6,7$^{mm}$, vis-à-vis de la fente se trouve le biseau consistant en une plaque de laiton mobile, munie d'un bord très aigu. la distance du biseau à la fente peut être augmentée ou diminuée, en éloignant ou en rapprochant la plaque par le bouton E. On a arrangé le tout de telle sorte que le mouvement du bord de la plaque reste toujours sen-

siblement dans le même plan parallèle à l'axe du tuyau. Cet arrangement de l'embouchure nous permet de varier, non seulement la distance du biseau à la fente, mais aussi d'obtenir des variations quelconques des positions relatives du biseau et de la fente. La hauteur de la fente était d'environ $^7/_{10}$ de millimètre.

D'abord j'ai essayé de rendre visible, d'après la méthode de M. Kundt, le mouvement de l'air dans l'intérieur du tube, en projetant dans le tube de la limaille de liége. En général on obtient les figures décrites depuis longtemps par cet éminent physicien, savoir que les ventres de la vibration sont marqués par la stratification de la limaille de liége, tandis que sur les nœuds la limaille reste complètement en repos.

Cependant ces figures ne se reproduisent pas d'une manière distincte dans le voisinage de la fente où l'air fait un mouvement de tourbillon irrégulier ; en outre, ce moyen ne donne pas des résultats appréciables si l'on ne veut pas dépasser une certaine pression dans le porte-vent. De même on peut observer ces tourbillons en faisant sortir de la fente de la fumée (pour produire la fumée en quantité considérable j'ai toujours employé des pastilles à parfumer qui étaient mises dans le porte-vent de la soufflerie). Mais aussi ce moyen n'est pas suffisant pour les recherches sur le mouvement de l'air dans le voisinage du biseau. Je me suis donc borné à étudier d'abord le courant d'air qui occasionne les vibrations sonores.

D'abord j'ai varié la position relative de la fente et du biseau.

Dans la première expérience la fente était en dehors du tuyau, de sorte que le courant d'air sortait complè-

tement dans l'atmosphère. Le courant d'air sortant de la fente était fortement mélangé de fumée. Mais dans cette position de la fente aucune trace de fumée n'entrait dans le tuyau et la colonne d'air restait inébranlée. Je fis alors sortir d'une autre fente un courant d'air modéré que je laissai tomber à peu près verticalement sur celui qui sortait de la fente du porte-vent du tuyau; aussitôt la colonne d'air fut mise en vibration. Les vibrations continuèrent quand même on cessait de souffler contre le courant d'air. Mais les vibrations cessaient à l'instant, lorsqu'on exerçait une pression de l'autre côté sur le courant d'air, en soufflant un peu par l'extrémité libre du tuyau, et elles recommençaient aussitôt qu'on soufflait un peu dans la première direction.

J'ai encore à signaler une chose importante sur cette expérience : quelquefois on ne pouvait pas découvrir une trace de fumée dans l'intérieur du tuyau, quand même il était assez longtemps en vibration, seulement très-rarement on pouvait distinguer au fond du tuyau quelques petites traces de fumée.

Je ne vois aucune autre manière d'expliquer ce phénomène, qu'en admettant une lame d'air qui est formée par le courant d'air sortant de la fente et d'attribuer à cette lame des qualités semblables à celles que possèdent les lames élastiques dans les tuyaux à anche[1].

[1] Les vibrations de l'air compris entre la fente et le biseau, sont obtenues visibles par une petite feuille de papier de soie qu'on colle ou bien sur le biseau ou bien sur une des lèvres de la fente. Aussitôt que le tuyau entre en vibration, la feuille de papier commencera à faire des oscillations énergiques. En appuyant contre la feuille une pointe, on obtient un son qui coïncide parfaitement avec celui du tuyau, comme aussi les diverses personnes auxquelles j'ai fait voir cette expérience m'ont témoigné.

Par le second courant d'air la lame d'air aurait été déviée de sa position primitive et aurait occupé ensuite une nouvelle position d'équilibre comme l'aurait fait une lame élastique solide, pliée par une force extérieure.

Si cette réflexion est juste, nous devons avoir un phénomène semblable pour la fente située dans l'intérieur du tuyau. En effet, ayant changé la fente de sorte que toute la fumée passait par le tube et qu'aucun son n'était produit, le tuyau entrait en vibration aussitôt qu'on soufflait un peu par l'extrémité libre dans l'intérieur du tuyau, donc en exerçant une pression sur la lame de l'intérieur vers l'extérieur. De même on pouvait faire cesser les vibrations, en soufflant un peu dans la direction contraire et on pouvait les reproduire de nouveau en soufflant dans la première direction.

Après cette expérience, il ne me semble pas trop hasardé de dire que la lame d'air qui est formée par l'écoulement de l'air de la fente, se comporte à peu près comme le ferait une lame élastique soumise à des forces extérieures.

Je fus encore confirmé dans mon opinion par les recherches hydrodynamiques de Helmholtz.

M. Helmholtz a constaté que pour les liquides incompressibles aussi bien que pour les liquides compressibles, c'est-à-dire les gaz, il y a toujours un certain degré de vitesse des courants dans l'intérieur des liquides qui produit le déchirement du liquide. De là résultent dans l'intérieur du liquide des discontinuités qui ont

[1] Helmholtz: Berichte der Berliner Académie 1868, 23 April. Crelle LX.

des propriétés très-remarquables. D'abord les parties du liquide qui sont en mouvement sont séparées des parties en repos par des surfaces de séparation (Wirbelflächen, Trennungsflächen). Ces surfaces de séparation peuvent être rendue visibles d'une manière très-frappante en faisant sortir d'un tube avec une vitesse modérée de l'air mélangé de fumée. On peut obtenir de cette manière des cylindres d'air mélangés de fumée d'un diamètre d'une ligne et d'une longueur de plusieurs pieds. Dans l'intérieur de la surface cylindrique, l'air se trouve en mouvement, tandis qu'à l'extérieur, même dans le voisinage le plus immédiat de la surface de séparation, l'air reste parfaitement en repos.

Ces surfaces gazeuses sont, comme on peut le démontrer par l'expérience, en état de faire des vibrations tout à fait indépendantes.

Appliquons maintenant ces considérations aux tuyaux à bouche. L'air sortant de la fente étroite avec une vitesse suffisante pour former des surfaces de séparation, se brise sur le biseau et se partage en deux courants. L'un sort dans l'atmosphère et l'autre pénètre dans l'intérieur du tube et y produit une compression. La réaction de cette compression s'exerce sur la lame même qui est déviée et le courant sort dans l'atmosphère. Aussitôt que la pression exercée sur le courant cesse, le même phénomène recommencera et ainsi de suite. On comprend que, d'après cette explication, la naissance des ondes sonores dans les tuyaux à bouche serait à peu près la même que celle des ondes dans les tuyaux à anche : la languette métallique de ces derniers est seulement remplacée par la lame d'air contenue entre les deux surfaces de séparation.

Il me reste à signaler encore un fait assez curieux. Comme on vient de le voir, le tuyau peut entrer en vibration, la fente étant située en dehors ou en dedans du tuyau. Nous avons alors, ou bien un courant d'air passant de l'extrémité ouverte vers l'embouchure, ou bien en sens inverse, comme on peut l'observer par le mouvement de la fumée, ou par la déviation des feuilles d'or suspendues librement à l'extrémité ouverte du tuyau.

On pourrait maintenant croire que le tuyau entrerait le plus facilement en vibration lorsqu'il n'y a aucun courant d'air dans l'intérieur du tube, si en conséquence la fente occupe une position moyenne. Mais il me semble que ce n'est pas le cas, du moins pour les tuyaux sonores du cabinet de physique de l'école polytechnique à Zurich, que j'ai examinés; j'ai trouvé toujours un courant d'air allant de l'embouchure à l'extrémité libre du tuyau.