

# Comment fonctionnent les instruments ?

(Extrait de "Le son et les instruments de musique")

## L'émission du son

*En musique, l'émission du son est provoquée soit par l'ébranlement d'une colonne d'air à l'intérieur d'un tuyau, soit par la mise en vibration d'une corde. Ces deux modes d'émission définissent deux grandes catégories d'instruments : les instruments à vent et les instruments à cordes.*

*Il faut ajouter encore les instruments à percussion dont le mode d'émission consiste à faire vibrer, en les frappant, la peau tendue d'un tambour ou d'une timbale, les disques métalliques que sont les cymbales, ou encore différents autres objets comme les lames en bois du xylophone ou le métal du triangle.*

## On peut faire vibrer une corde

*La vibration d'une corde engendre un son. La hauteur du son dépend de la longueur de la corde, de son épaisseur et de la tension à laquelle elle est soumise.*

*Il existe trois techniques de mise en vibration de la corde :*

- *Le pincement (grattement serait plus juste) qui consiste à tirer la corde perpendiculairement à son allongement puis à la lâcher brusquement. On peut pincer la corde avec les doigts (luth, guitare, harpe), avec un plectre (mandoline) ou avec le bec d'un sautereau (clavecin).*
- *On peut frapper la corde avec divers marteaux, certains en métal (clavicorde), d'autres en bois (hackbrett), en bois garni de cuir (pianoforte) ou en feutre (piano, cembalum).*
- *On peut aussi mettre la corde en vibration au moyen d'un archet dont la mèche (en crins de cheval) enduite de colophane frotte la corde. Cette dernière technique s'apparente en fait au pincement. L'archet qui est rendu légèrement collant par la colophane, tire la corde jusqu'à ce que celle-ci dérape un court instant avant d'être reprise et entraînée à nouveau par l'archet. Cette alternance très rapide d'entraînements et de relâchements (plusieurs centaines de fois par seconde) entretient la vibration de la corde, permettant de produire un son continu qui dure aussi longtemps que l'archet exerce son effet.*



*A contrario, en pinçant ou en frappant la corde le son qui est maximum au moment de la frappe ou du pincement, diminue rapidement car la vibra-*

*tion s'amortit avec le temps. A ce titre, le piano s'apparente partiellement aux instruments à percussion ! Par contre, le frottement de l'archet permet d'obtenir un son entretenu que le musicien peut moduler à sa guise.*

## **On peut faire vibrer la colonne d'air d'un tuyau**

*Dans les instruments à vent, c'est la mise en vibration de la colonne d'air à l'intérieur du corps de l'instrument qui engendre le son. Cette vibration peut être produite par trois techniques différentes :*

- 1. Par la mise en turbulence de l'air qui se brise sur un **biseau** (flûtes, tuyaux d'orgue).*
- 2. Par la mise en vibration d'une **anche**, elle-même simple ou double<sup>1</sup> selon qu'il s'agit d'une languette de bambou montée sur un bec en biseau (clarinette, saxophone et certains tuyaux d'orgue) ou d'une languette double en roseau (hautbois, basson).*
- 3. Le son peut aussi être provoqué par la mise en vibration des lèvres dans une **embouchure** (cor, trompette, trombone). Les lèvres jouent, en quelque sorte, le rôle d'anche double.*

## **On peut frapper divers objets**

*En frappant un objet quelconque, on provoque un bruit qui n'est le plus souvent pas comparable à un son émis par un instrument parce que la hauteur du son ne peut généralement pas être rapportée à une note précise de la gamme. Le bruit est un mélange de fréquences extrêmement complexe dans lequel aucune fréquence fondamentale identifiable ne domine vraiment les autres. C'est le cas des tambours, de la grosse-caisse, ou des cymbales.*

*Parfois, une fréquence domine et l'on entend tout de même un son de hauteur identifiable : c'est le cas des xylophones, des timbales ou des cloches. Ce mode d'émission caractérise les **instruments à percussion**.*

---

*1 On trouve encore des anches métalliques libres, non associées à un tuyau, mises en vibration par le passage de l'air. La hauteur du son produit ne dépend que de la géométrie de la languette. On les trouve dans les harmonicas, les harmoniums et les accordéons.*

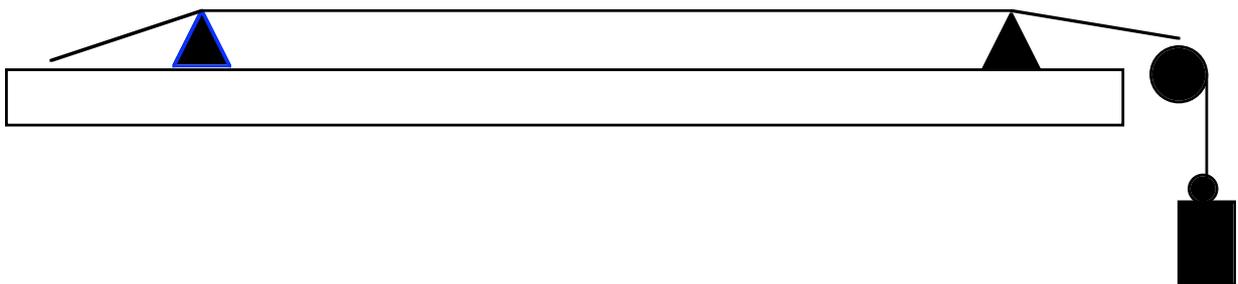
## L'organologie s'occupe des instruments de musique

*L'organologie est la discipline qui étudie les instruments de musique, leur facture, leur histoire et leur classification. Comme toute discipline, elle a développé son vocabulaire propre. Là où nous voyons et entendons des instruments à cordes, à vent ou à percussion, les organologues entendent des cordophones, des aérophones ou des idiophones. Mais nous ne sommes pas organologues. Aussi pouvons nous oublier tous ces termes savants !*

## Les instruments à cordes

### Comment fonctionne une corde ?

*Si on tend une corde entre deux chevalets solidaires d'une caisse en sapin et qu'on met la corde en vibration à l'aide d'un archet, on obtient un son dont la hauteur dépend de la tension à laquelle la corde est soumise, de la distance entre les deux chevalets, du diamètre de la corde et de sa densité.*



*L'expérience montre que :*

- 1. Plus la corde est longue, plus le son est grave ;*
- 2. Plus la tension est élevée, plus le son est aigu ;*
- 3. Plus le diamètre de la corde augmente, plus le son est grave,*
- 4. Plus la densité du matériau dont est faite la corde est élevée, plus le son est grave.*

*Les facteurs d'instruments tiennent compte de ces quatre paramètres pour construire leurs instruments. En observant les cordes d'un piano, on remar-*

que que les cordes graves sont longues, d'un diamètre plus grand que celui des cordes aiguës et qu'elles sont filées, c'est-à-dire qu'elles sont habillées d'un enroulement externe en fil de cuivre, ce qui en augmente la masse.

Les cordes des aigus sont courtes, plus fortement tendues que les cordes graves et d'un diamètre plus faible. Dans ses calculs, le facteur de pianos doit encore tenir compte du timbre qui doit rester aussi constant que possible des basses à l'aigu et de l'intensité du son qui doit être équilibré dans tous les registres. Pour cette dernière raison, on double le nombre de cordes dans le médium et on le triple dans l'aigu.

## Les cordes ont besoin d'un amplificateur

La vibration de la corde seule ne produit qu'un son assez faible. Pour augmenter son effet, elle doit transmettre sa vibration par l'intermédiaire du **chevalet** à une **table d'harmonie**, structure mince en bois d'épicéa, véritable résonateur de l'instrument. Cette table est elle-même solidaire d'une **caisse de résonance**.

*Table d'harmonie d'un violoncelle, avec son chevalet et ses cordes.*



Dans le cas des instruments à manche (luth, guitare, violon etc.), le manche sur lequel les cordes sont tendues prolonge la caisse de résonance. Cette dernière présente des formes très diverses selon le type d'instrument. Un pont collé sur la table d'harmonie (guitare, luth, mandoline...) ou un chevalet appuyant sur celle-ci (violes, violons) transmet à la table les vibrations des cordes. Ces vibrations se transforment en ondes sonores qui résonnent dans le volume d'air renfermé à l'intérieur du corps de l'instrument.

Dans le cas des instruments à clavier, la longueur des cordes est déterminée par deux sillets (équivalent du chevalet) solidaires de la table d'harmonie.

## On peut diminuer la longueur des cordes avec les doigts

*Le piano, le clavecin, le tympanon, le cembalum et dans une certaine mesure la harpe, ne produisent qu'une seule note par corde ou groupe de cordes. Il leur faut donc autant de cordes<sup>2</sup> qu'il y a de notes.*

*Les instruments à corde pincée par les doigts ont un nombre limité de cordes. Celles-ci sont tendues quelques millimètres au-dessus de la **touche**, cette planchette allongée en bois dur, solidaire du manche. En pressant la corde sur la touche à des distances choisies, les doigts de la main gauche raccourcissent la longueur de la corde qui produit alors un son plus aigu que celui émis "à vide".*

*Les instruments anciens (violes, luth) ont un manche muni de **frettes**, enroulements en boyau entourant le manche ou petites barrettes d'ivoire ou de métal, espacées de manière à correspondre à des différences d'un demi-ton.*

*Les frettes métalliques existent encore aujourd'hui sur les guitares et les mandolines. Les frettes impliquent que les instruments qui en sont munis ont un accord fixe tout comme les instruments à clavier et que les problèmes de tempérament les concernent aussi !*



*Frettes métalliques sur un manche de guitare*



*Frettes en boyau sur un manche de viole*

---

<sup>2</sup> En réalité elles sont plus nombreuses puisque pour assurer une intensité sonore égale dans toute la tessiture de l'instrument, on double les cordes dans le médium et on les triples dans l'aigu.

# Les instruments à vent

## En cuivre ou en bois

On a pris l'habitude classer les instruments à vent d'après le mode d'émission du son. Ceux dont le son est produit par la vibration des lèvres dans une embouchure étaient généralement construits en métal, le plus souvent dans un alliage comportant essentiellement du cuivre. Par extension on les désigne par le terme "*les cuivres*", bien que certains d'entre eux soient en bois (cornet à bouquin, serpent).

Pour une raison analogue, on a pris l'habitude de désigner sous la rubrique "*les bois*", les flûtes et les instruments à anches (hautbois, clarinette) qui, à l'origine, étaient tous en bois. Cette appellation est restée en usage, bien qu'aujourd'hui la plupart des flûtes traversières soient en métal tout comme les saxophones.



*Cor naturel vers 1830*



*Hautbois ancien, vers 1780*

## Commençons par les flûtes

Dans la famille des flûtes, les vibrations sont produites par la turbulence de l'air qui se brise sur un biseau. La hauteur du son dépend de la longueur de l'instrument. Plus la flûte est longue plus le son est grave. En effet, la flûte sélectionne et amplifie le son dont la longueur d'onde est égale à la longueur de corps de l'instrument.

Dans les orgues, chaque tuyau ne donne qu'une seule note. Il faut donc prévoir une série de tuyaux de longueurs différentes pour obtenir toutes les notes. Les plus courts ne dépassent pas quelques centimètres, les plus longs atteignent près de dix mètres. Les grandes orgues



*Flûte de Pan*

comportent plusieurs milliers de tuyaux.

Tout comme l'orgue, la flûte de Pan est un ensemble de flûtes ne donnant chacune qu'une seule note.

Heureusement, on s'est vite aperçu qu'on pouvait diminuer virtuellement la longueur de la colonne d'air en perçant des trous dans le corps de l'instrument et obtenir ainsi toutes les notes de la gamme. La position et le diamètre des trous sont déterminés avec précision. Sur les instruments anciens le nombre de trous était limité par le nombre de doigts disponibles. Les trous correspondaient aux notes de la gamme diatonique. Les demi-tons intermédiaires étaient obtenus par de savantes combinaisons de trous bouchés et de trous non bouchés.



*Le souffle se brise sur le biseau de l'embouchure et provoque la vibration*



*Les trous permettent de diminuer la longueur de la colonne vibrante*

Pour les instruments graves dont le corps était plus long, certains trous n'étaient plus accessibles avec une main normale. Aussi a-t-on commencé à ajouter un ou plusieurs leviers, les **clés**, qui permettent de boucher ou ouvrir les trous trop éloignés pour être atteints normalement avec les doigts.

Dès le milieu du XVIII<sup>e</sup> siècle, pour parfaire la justesse et accroître la tessiture des instruments, les facteurs ont multiplié le nombre des trous, multipliant du même coup le nombre des clés.

## Les anches génèrent les vibrations

Les anches sont des languettes souples, généralement en roseau ou en bambou, qui se mettent à vibrer sous l'action d'un courant d'air. Elles sont dites battantes car, après une demi-vibration, elles battent contre un obstacle. Dans les instruments à anche simple, l'anche bat sur un bec rigide (clarinette, saxophone).



L'anche double est façonnée dans une lamelle de roseau replié sur lui-même et ficelée sur un tube de métal. Le point de pliure (au sommet) est fendu puis gratté avec une lame pour obtenir la finesse voulue.



L'anche simple est faite d'une lamelle de bambou grattée avec une lame pour obtenir la finesse et la souplesse voulues. Elle est fixée sur le bec par un collier métallique.

Les anches doubles sont constituées de deux lamelles fines de roseau qui battent l'une contre l'autre (hautbois, basson). Dans les instruments anciens, l'anche double était souvent enfermée dans une capuche et n'avait pas de contact direct avec les lèvres de l'instrumentiste (musette, chalémie, cromorne). Parfois même, l'anche était entièrement dans la bouche et les lèvres appuyaient sur un petit disque, la *pirouette*, sise à la base de l'anche.

Aujourd'hui les anches sont serrées entre les lèvres. Cela permet de mieux moduler le son en contrôlant physiquement le passage de l'air.



*Pirouette*



*Cromorne*



*Capuche renfermant l'anche radiographie de l'anche dans sa capuche*



*Le cromorne est un instrument ancien à anche double. Celle-ci est enfermée dans une capuche. Les lèvres du musicien n'ont aucun contact direct avec l'anche.*

## **Les instruments à anche ont aussi besoin de trous**

*Le son est émis par la mise en vibration de l'anche par le souffle de l'instrumentiste. Contrairement aux cuivres dont on peut faire sonner les harmoniques en forçant le souffle et en modifiant la pression des lèvres, les instruments à anche ne produisent qu'une seule note déterminée par la longueur de la colonne d'air. Tout au plus, en forçant le souffle on obtient l'octave supérieure avec le hautbois et la douzième (la quinte au-dessus de l'octave supérieure) avec la clarinette. Tout comme pour les flûtes, il leur faut des trous pour émettre les notes intermédiaires de la gamme. Les premières clarinettes et les premiers hautbois ne comportaient que des trous avec tout au plus une clé vers le grave permettant d'atteindre un trou inaccessible au cinquième doigt de la main droite. Puis, comme pour la flûte traversière, les facteurs ont augmenté le nombre des trous et multiplié le nombre des clés.*



*Clarinette, Dubois & Couturier, Lyon, vers 1850*

## Le timbre des instruments à anche

En plus du type d'anche employé, c'est la géométrie de la colonne d'air, donc la forme de l'instrument qui est responsable du timbre. Ainsi le hautbois est faiblement conique, la clarinette est cylindrique, le saxophone est conique, voir même parabolique.

## Le cas des cuivres est un peu différent

Dans le cas des cuivres, ce sont les vibrations des lèvres dans l'embouchure de l'instrument qui font sonner l'instrument. L'exécutant peut, en principe, produire n'importe quelle fréquence en modifiant la pression des lèvres contre l'embouchure. Toutefois, les cuivres amplifient sélectivement les sons qui correspondent à des longueurs d'onde égales à 1, 1/2, 1/3, 1/4, 1/5... de la longueur de l'instrument.



Embouchure de trompette

On retrouve ici les harmoniques naturels du son fondamental dont nous avons parlé plus haut. En modifiant la pression des lèvres sur l'embouchure, l'instrumentiste peut faire sonner l'un ou l'autre de ces harmoniques.

La trompette naturelle ne permettait donc d'émettre qu'un nombre limité de sons et son emploi dans l'orchestre demeurait donc assez restreint. On a bien essayé de remédier à cet inconvénient en construisant des trompettes avec des trous et des clés comme pour les flûtes. Ces essais sont restés sans suite car cela altérerait notablement le timbre des notes intermédiaires dont le son ne passait plus alors par le pavillon. Les seuls instruments à embouchure percés de trous sont le **cornet à bouquin** et le **serpent d'église** qui n'ont pas de pavillon évasé. Soulignons que le trombone à coulisse qui existait déjà au XVe siècle sous le nom de **saqueboute**, pouvait jouer toutes les notes de la gamme. En effet, la coulisse permet d'allonger ou de raccourcir la longueur de la colonne sonore. Les facteurs ont aussi essayé de construire des trompettes à coulisse, mais ces tentatives n'ont pas eu le succès espéré.

Ce n'est que vers 1815, que l'invention des pistons modifiant à volonté la longueur de l'instrument ont permis à la trompette et au cor d'émettre tous les sons de la gamme. On trouve généralement trois pistons, chacun d'entre eux rallongeant la colonne d'air de l'instrument d'une longueur correspondant à un ton pour le premier piston, un demi-ton pour le deuxième, un ton et demi pour le troisième.

## Ce qui influence le timbre des cuivres

*La géométrie du corps de l'instrument, cylindrique ou conique, le rapport du diamètre sur la longueur, l'évasement du pavillon et la forme de l'embouchure déterminent le timbre des cuivres. Les trompettes et les trombones sont cylindriques sur les deux tiers de leur longueur et seule leur partie terminale est conique. Les cors sont coniques sur plus des deux tiers de leur longueur et ont un pavillon très évasé. Certains instruments sont même entièrement coniques, comme le saxhorn ou le tuba. La perce et l'embouchure jouent aussi un rôle important. La perce est le diamètre de l'entrée de l'instrument. Une perce étroite provoque un son clair riche en harmoniques (trompette), une perce large favorise un timbre doux. Une embouchure avec un bassin peu profond et une perce étroite provoque un son clair, riche en harmoniques (trompette); un bassin profond favorise un timbre doux (cor), une embouchure conique engendre une sonorité suave et sombre (cor de chasse). Contrairement à ce que l'on pourrait penser, le matériau utilisé, métal ou bois, n'a aucune influence sur le timbre.*

## L'orgue est aussi un instrument à vent

*Les tuyaux des orgues sont de grandes flûtes auxquelles se joignent des jeux d'anche dont le mode d'émission rappelle celui des clarinettes. La grande diversité de timbres résulte du mode d'émission (flûtes ou anches), de la forme des tuyaux (cylindrique, conique, à section carrée) et du rapport de leur diamètre vis-à-vis de leur longueur.*



*Diversité des formes des tuyaux d'orgue*