

# LA FÍSICA DEL CLARINET

POL GIRBAL I JORNET



**IES RIDAURA**

2<sup>n</sup> Batxillerat

Departament d'Expressió

**Judit Giral i Lluís**

Dilluns, 9 de Gener de 2012

## AGRAÏMENTS

La veritat és que haig de donar les gràcies a molta gent, començant per la família, que han hagut de suportar el soroll del trepant, de la serra i de totes les proves del so dels instruments que he hagut de fer i, també, per ajudar-me amb tot el que he necessitat i haver-me animat quan em quedava encallat i no sabia què fer. Però en especial al meu pare, per insistir amb el saüc fins i tot quan jo ja el donava per impossible i per ajudar-me a destrossar-lo una mica menys.

A la Judit, la meva tutora del treball de recerca per haver-me donat suport des del principi, i creure en aquest treball fins i tot quan jo en començava a dubtar, per haver-me deixat llibres, haver sacrificat un munt d'hores del pati, haver llegit un munt de correus i també per dur-me fins a Badalona a veure en Xavi Lozano, a qui li haig d'agrair la gran tarda que ens va fer passar fent sonar tot tipus de tubs i ajudar-me amb el treball en un moment d'estancament total. A la Nuri, la meva professora de física i de química, que em va explicar conceptes de física que encara no havíem treballat a classe. A l'Eva per donar-me branques de saüc del seu jardí.

A molts professors de l'Escola de Música de Sant Feliu de Guíxols com la Dolors, que em va ajudar a decantar-me cap a un treball sobre acústica, a en Lluís i a en Pep per donar-me idees brillants i, a tots tres, per haver-me ensenyat tot el que sé de llenguatge i harmonia musical. A en Gerard, el meu professor de clarinet, per ensenyar-me a tocar aquest preciós instrument, per ajudar-me amb el treball i per presentar-me en Dídac Miralles, luthier i reparador de clarinets i saxos que em va ajudar amb els materials de construcció del clarinet. A en Jordi, el director del grup de vent per posar-me en contacte amb en Xavi Lozano.

I per últim però no menys important, a molts amics com la Júlia, en Marc i la Jainaba per aguantar els meus maldecaps i els meus discursos sobre el treball de recerca i per donar-me ànims quan no me'n sortia.

## ÍNDEX

<b>Agraïments.....</b>	<b>Pàgina 1.</b>
<b>0. Introducció.....</b>	<b>Pàgina 4.</b>
<b>1. Les Ones Sonores.....</b>	<b>Pàgina 5.</b>
<b>1.1. Què són les Ones Sonores?.....</b>	<b>Pàgina 5.</b>
<b>1.2. Característiques de les Ones Sonores.....</b>	<b>Pàgina 5.</b>
<b>1.3. Fenòmens Bàsics de les Ones Sonores.....</b>	<b>Pàgina 6.</b>
<i>1.3.1. Propagació</i>	
<i>1.3.2. Difracció</i>	
<i>1.3.3. Reflexió</i>	
<i>1.3.4. Refracció</i>	
<b>1.4. Superposició d'Ones.....</b>	<b>Pàgina 7.</b>
<i>1.4.1. Ones Estacionàries</i>	
<i>1.4.2. Interferències</i>	
<i>1.4.3. Pulsacions</i>	
<b>1.5. Els Harmònics.....</b>	<b>Pàgina 9.</b>
<i>1.5.1. Sèrie de Sons Harmònics</i>	
<b>2. Mètodes d'Emissió del So.....</b>	<b>Pàgina 10.</b>
<b>2.1. Cordes.....</b>	<b>Pàgina 11.</b>
<b>2.2. Columnes d'Aire.....</b>	<b>Pàgina 11.</b>
<i>2.2.1. Llengüetes</i>	
<b>2.3. Membranes i Plaques.....</b>	<b>Pàgina 12.</b>
<b>2.4. Barres.....</b>	<b>Pàgina 12.</b>
<b>3. El Clarinet.....</b>	<b>Pàgina 12.</b>
<b>3.1. Què és el Clarinet?.....</b>	<b>Pàgina 12.</b>
<b>3.2. Parts del Clarinet.....</b>	<b>Pàgina 12.</b>
<b>3.3. Materials Emprats per a la Construcció de Clarinets.....</b>	<b>Pàgina 15.</b>
<b>3.4. Tipus de Clarinets.....</b>	<b>Pàgina 16.</b>
<b>3.5. Breu Història del Clarinet.....</b>	<b>Pàgina 17.</b>

<b>4. Construcció d'un Clarinet.....</b>	<b>Pàgina 18.</b>
<b>4.1. Primer Intent.....</b>	Pàgina 20.
<b>4.2. Segon Intent.....</b>	Pàgina 22.
<b>4.3. Tercer Intent.....</b>	Pàgina 22.
<b>4.4. Visita a Xavi Lozano Palay.....</b>	Pàgina 23.
<b>4.5. Quart Intent: El Clarinet de PVC.....</b>	Pàgina 25.
<b>4.6. Intents amb Fusta: El Clarinet de Saüc.....</b>	Pàgina 26.
<b>5. Conclusions.....</b>	<b>Pàgina 27.</b>
<b>6. Bibliografia.....</b>	<b>Pàgina 29.</b>
<b>Annex 1: L'Escala Temperada.....</b>	<b>Pàgina 30.</b>
<b>Annex 2: La Família d'Instruments Musicals.....</b>	<b>Pàgina 31.</b>
<b>Annex 3: Clorur de Polivinil.....</b>	<b>Pàgina 35.</b>
<b>Annex 4: Sambucus Nigra.....</b>	<b>Pàgina 35.</b>
<b>Annex 5: Eines Utilitzades.....</b>	<b>Pàgina 36.</b>
<b>Annex 6: Les Fotografies.....</b>	<b>Pàgina 36.</b>

## **0. INTRODUCCIÓ**

A l'hora de triar el tema del treball de recerca, em vaig plantejar buscar un tema que m'agradés, mirant entre les assignatures que més m'atreien, com les matemàtiques, la història, la física o el català. No vaig saber per on decantar-me, ja que tot el que se m'acudia em podia portar anys de feina, temps de què evidentment no disposava. També vaig mirar de relacionar-les entre elles però em vaig adonar que encara hauria necessitat més temps. Com que no en vaig treure l'aigua clara vaig decidir mirar entre les activitats que feia fora de l'institut, el korfbal, el futbol, la música i em vaig adonar que la música pràcticament formava part de la meua vida ja que porto estudiant música des de molt petit. Primer em van ensenyar a cantar cançons, després les notes i el ritme, també a llegir partitures, i més tard a fer dictats musicals, harmonitzar melodies, analitzar partitures i, a compondre melodies, entre d'altres coses. També m'han anat explicant la història de la música i a tocar un instrument, el piano. Fa quatre anys vaig decidir aprendre a tocar el clarinet, instrument que m'ha permès gaudir molt més de la música perquè m'ha donat la possibilitat de tocar en conjunts de vent i, fins i tot, orquestres simfòniques.

Tot aquest interès per la música i pels instruments que toco, sobretot pel clarinet que és el que més desconec, m'ha portat a preguntar-me coses com, per exemple, per què sona el clarinet? D'on ve? De què està fet? Per donar resposta a aquests interrogants em proposo fer un treball de recerca sobre una cosa que m'agrada tant com la música i el clarinet. Per fer-ho, m'adono que m'endinso en el món del so, de les ones sonores i de l'acústica que és la ciència que relaciona la física amb la música.

L'objectiu principal d'aquest treball, és construir un clarinet, relacionant la música amb la física.

Per fer-ho, hauré de:

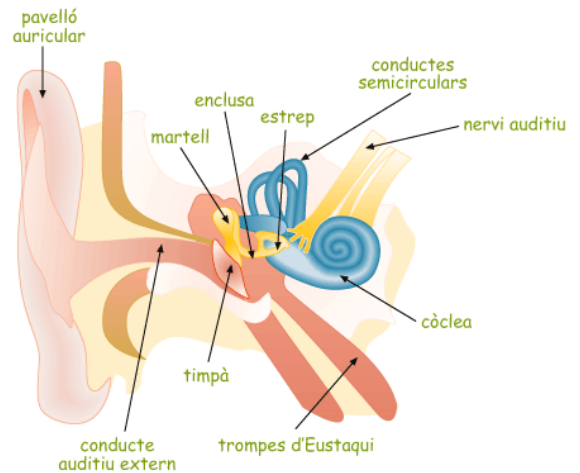
- Estudiar què són les ones sonores, les seves característiques, els seus fenòmens bàsics i els harmònics.
- Veure els diferents mètodes d'emissió del so.
- Aplicar aquests conceptes al clarinet, i aprendre més sobre aquest instrument.
- Posar tots aquests elements estudiats a la pràctica construint un clarinet.

Per tant, realitzaré aquest treball en dues parts, una primera de caire més teòric on aprofundiré en les ones sonores, els mètodes d'emissió del so i en el clarinet; i una segona part de tipus totalment pràctic on duré a terme la construcció del clarinet.

## 1. LES ONES SONORES

No totes les ones sonores són audibles per l'oïda humana i, per tant, no totes ens poden fer sentir un so. Els humans només podem sentir les ones de 16 a 20.000 Hz de freqüència, que equival a una longitud d'ona d'entre 1,6 centímetres i 16 metres en l'aire.

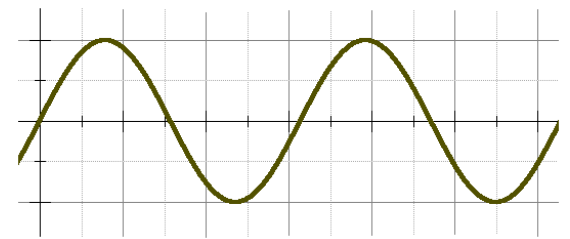
Quan una ona sonora passa pel conducte auditiu i fa vibrar el timpà, aquesta vibració es transmet per la cadena d'ossets (el martell, l'enclusa i l'estrep) i arriba a la finestra oval, una altra membrana més petita que el timpà i, per tant, augmenta la pressió de l'ona i la fa passar per la còclea o cargol a través d'un líquid viscos, fins a arribar al nervi auditiu. Aquest envia senyals elèctrics al cervell que els transforma en sensacions sonores.



**Imatge 1.** L'orella humana i les seves parts.

### 1.1. Què són les Ones Sonores?

Una ona sonora és una alteració d'un medi que pot ser sòlid, líquid o gasós, per tant, és **mecànica** perquè necessita medis físics. A l'espai còsmic<sup>1</sup>, per exemple, no hi ha cap medi físic, només hi ha el buit, i per això, no hi ha so. Les ones sonores són **longitudinals** perquè les vibracions que fan es mouen en el mateix sentit que la direcció de l'ona, i són **tridimensionals** perquè es propaguen en les tres dimensions de l'espai. La forma que tenen fa que siguin **harmòniques**.

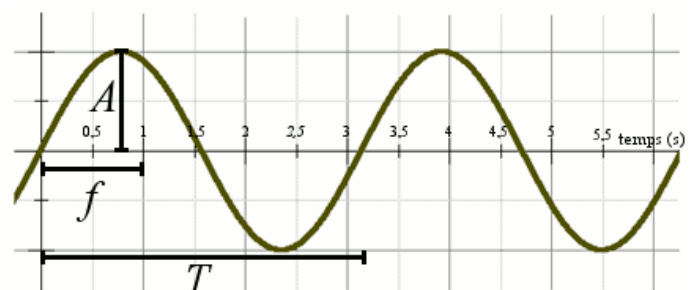


**Imatge 2.** Gràfica d'una ona sonora

### 1.2. Característiques de les Ones Sonores

La **freqüència**, de símbol  $f$ , és el nombre d'ondulacions completes que fa una partícula d'ona en 1 segon i es mesura en Hertz, i el **període**, de símbol  $T$ , és el temps que triga una ona en fer una ondulació i es mesura en segons.

Per tant,  $T = \frac{1}{f}$ .



**Imatge 3.** Gràfica d'una ona amb les seves característiques: amplitud ( $A$ ), freqüència ( $f$ ) i període ( $T$ ).

<sup>1</sup> **espai còsmic.** Espai que hi ha més enllà de l'atmosfera terrestre.

L'**amplitud d'ona**, de símbol  $A$  i que és la intensitat en termes musicals, és la distància màxima que una partícula se separa de la seva posició d'equilibri inicial. Com més gran és l'amplitud d'ona, més fort és el so que sentim.

La **velocitat del so**, de símbol  $v$ , és la rapidesa amb la que es propaga el so. Depèn de la densitat (i per tant, de la temperatura i la pressió) i l'elasticitat del medi on es propaga. Per aquesta raó, no hi ha una fórmula general de la velocitat del so, però sí que n'hi ha una per als sòlids, una per als líquids i una per als gasos.

### **1.3. Fenòmens Bàsics de les Ones Sonores**

#### ***1.3.1. Propagació***

La propagació de les ones sonores té lloc gràcies a que quan es produeix una vibració, es produeix una compressió del medi.

En els medis gasosos, les vibracions són transmiseses d'un lloc a un altre a través del xoc entre les partícules del gas.

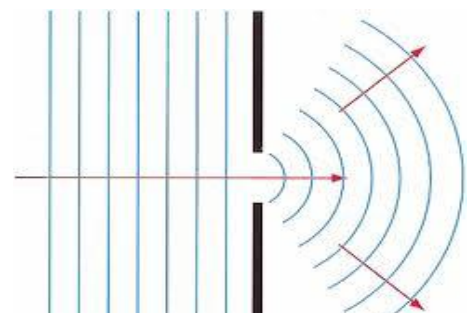
En els medis líquids, les vibracions es propaguen d'un lloc a un altre de la mateixa manera que els gasos, però com que les partícules estan més juntes, la velocitat de propagació és més elevada.

En els medis sòlids, la propagació de la vibració d'un punt a un altre, la fan les forces que uneixen les partícules del sòlid entre si. És una manera molt més directa que en medis gasosos o líquids, i és per això que la velocitat de propagació del so és més gran.

#### ***1.3.2. Difracció***

La difracció és la variació de la direcció de propagació d'una ona quan es troba un obstacle amb una obertura.

Un exemple és quan estem dins una habitació on només hi ha una finestra oberta, tenim la sensació que tots els sons entren per la finestra, encara que hagin estat produïts en direccions diferents.



**Imatge 4.** Exemple de difracció. L'ona ha de passar per una escletxa menor a la seva longitud i en fer-ho, li canvia la direcció.

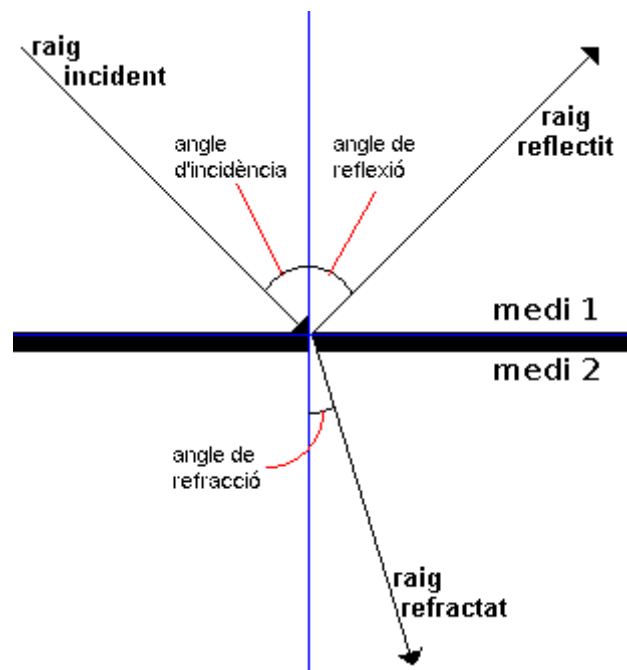
### 1.3.3. Reflexió

La reflexió és el fenomen on l'ona xoca contra un medi de densitat diferent a la del medi en què es troba inicialment, no el pot travessar i retorna al medi inicial amb les mateixes característiques però a direcció i sentit diferent. L'angle d'incidència i el de reflexió és el mateix.

L'exemple més clar en acústica és l'eco.

### 1.3.4. Refracció

La refracció és el fenomen on l'ona xoca contra un medi de diferent densitat a la del medi en què es troba inicialment, aconsegueix penetrar-lo i es propaga en el nou medi a velocitat i direcció diferents. A diferència de la reflexió, l'angle de refracció és diferent del d'incidència.



**Imatge 5.** Exemple de reflexió i refracció. El raig incident xoca contra un altre medi. Una part del raig és reflectida i l'altre refractada.

## 1.4. Superposició d'Ones

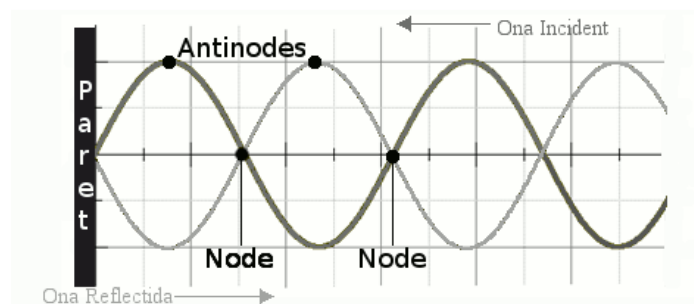
Es produeix quan en un lloc determinat, coincideixen dues o més ones tot superposant-se, és a dir, sumant-se donant lloc a una nova ona. N'hi ha de tres tipus: Ones estacionàries, interferències i pulsacions.

### 1.4.1. Ones Estacionàries

Una ona estacionària és produïda per la interferència de dues ones de mateixa amplitud i freqüència que es propaguen en la mateixa direcció i sentit contrari.

L'exemple més clar és una ona que incideix perpendicularment en una paret i és reflectida en la mateixa direcció però en sentit contrari. Per tant, es produeix una ona estacionària. Els

nodes són els punts on coincideixen les dues ones que formen l'ona estacionària, i en aquests punts desapareix la vibració. En canvi, els antinodes són els punts de màxima vibració de l'ona.

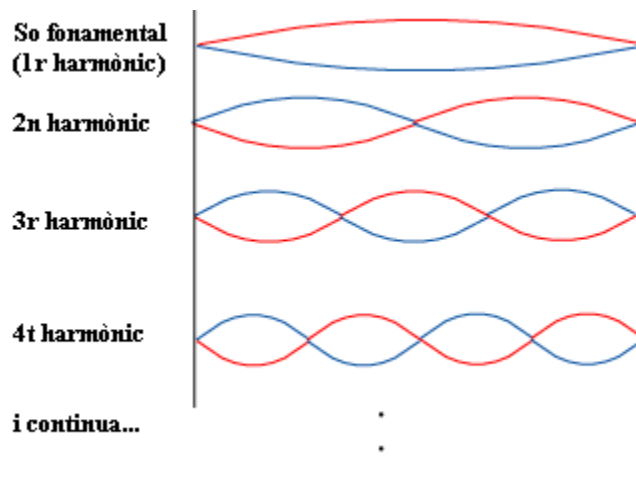


**Imatge 6.** Gràfica d'una estacionària formada per una primera ona que incideix en una paret i reflecteix una segona ona. També hi ha les parts de l'ona: nodes i antinodes.



### 1.4.1.1. Ones Estacionàries en Cordes

En un instrument musical, les cordes estan fixades pels dos extrems (com el violí, la guitarra, etc.). Per obtenir ones estacionàries només cal fer vibrar una corda tensada (ja sigui fregant-la, pinçant-la o percutint-la) per tal que es formin ones que es propaguen en els dos sentits de la corda i que en arribar a l'extrem es reflecteixin. I d'aquesta manera, es produeixen les ones sonores i, per tant, el so.



**Imatge 7.** Ones estacionàries en cordes corresponents al so fonamental, al segon, al tercer i al quart harmònics. De color vermell hi ha les ones que es propaguen a la corda, i de color blau, les ones reflectides.

La fórmula que ens relaciona la freqüència d'una nota amb la longitud que ha de tenir la corda és:

$$f = \frac{n \cdot v}{2L}$$

*f* = Freqüència fonamental de la nota  
*n* = Número de l'harmònic  
*v* = Velocitat de propagació de les ones en l'aire  
*L* = Longitud de la corda

Com que la velocitat de propagació de les ones en l'aire és de 340 m/s i que el nombre de l'harmònic és la nota fonamental o harmònic 1, la fórmula queda de la següent manera:

$$f = \frac{1 \cdot 340}{2 \cdot L} \rightarrow f = \frac{170}{L}$$

### 1.4.1.2. Ones Estacionàries en Tubs

Els instruments musicals de vent, estan formats per tubs tancats. Quan un corrent d'aire és dirigit a l'interior del tub, es produeix una ona longitudinal de pressió que es reflecteix en arribar a l'altre extrem. Com que hi ha més d'una ona aplicant el principi de superposició d'ones sorgeix una ona estacionària longitudinal.

La fórmula que ens relaciona la freqüència d'una nota amb la longitud que ha de tenir un tub obert en un extrem és:

$$f = \frac{n \cdot v}{4L}$$

*f* = Freqüència fonamental de la nota  
*n* = Número de l'harmònic  
*v* = Velocitat de propagació de les ones en el tub  
*L* = Longitud del tub

Com que la velocitat de propagació de les ones en l'aire és de 340 m/s i que el nombre de l'harmònic és la nota fonamental o harmònic 1, la fórmula queda de la següent manera:

$$f = \frac{1 \cdot 340}{4 \cdot L} \rightarrow f = \frac{85}{L}$$

### ***1.4.2. Interferències***

Quan dues ones procedents de dos focus emissors coincideixen en un punt, en aquest punt es produeix una interferència. Aquesta interferència no afecta ni a la freqüència de les ones ni al seu timbre, només afecta a la seva amplitud<sup>2</sup>. Si aquestes dues ones són d'igual freqüència i igual amplitud, la interferència és total, ja que s'anul·len mútuament i el so desapareix.

### ***1.4.3. Pulsacions***

Les pulsacions són reforçaments periòdics de so que s'originen quan dos cossos sonors vibren simultàniament amb una freqüència molt semblant però no igual. El nombre de pulsacions que es produeixen per segon és la diferència de freqüències entre els dos cossos que vibren. Per exemple: si les freqüències són 303 i 305, les pulsacions seran 2.

## **1.5. Els Harmònics**

Tots els sons estan formats per superposició d'ones, tot i que actualment es poden obtenir sons "purs" amb l'ajut de programes informàtics.

Això vol dir que tots els sons estan fets de molts harmònics. N'hi ha que no els podem sentir però sense ells, les característiques d'aquell so canviarien.

### ***1.5.1. Sèrie de sons harmònics***

És la successió d'harmònics que sonen amb una nota. La majoria d'harmònics queden exclosos del registre audible per l'oïda humana, però influeixen en la qualitat i la naturalesa del so (el timbre).

El so fonamental és el primer harmònic i a partir de la seva freqüència es pot trobar la resta d'harmònics ja que el segon és el doble del primer; el tercer el triple del primer; el quart el quàdruple del primer, etc.

En aquesta taula hi ha els 16 harmònics del Do 1 que són audibles per l'oïda humana, i després els veurem representats en un pentagrama.

---

<sup>2</sup> **amplitud.** El que s'anomena Intensitat en termes musicals, és a dir, si sona més o menys fort.

Harmònic ( $H_n$ )	Nota	Freqüència ( $F_n = F_1 \cdot H_n$ )
$H_1 = \text{So Fonamental (1}^r \text{ Harmònic)}$	Do 1	$F_1 = 66 \text{ Hz}$
$H_2 = 2^n \text{ Harmònic}$	Do 2	$F_2 = F_1 \cdot H_2 = 66 \cdot 2 = 132 \text{ Hz}$
$H_3 = 3^r \text{ Harmònic}$	Sol 2	$F_3 = F_1 \cdot H_3 = 66 \cdot 3 = 198 \text{ Hz}$
$H_4 = 4^t \text{ Harmònic}$	Do 3	$F_4 = F_1 \cdot H_4 = 66 \cdot 4 = 264 \text{ Hz}$
$H_5 = 5^è \text{ Harmònic}$	Mi 3	$F_5 = F_1 \cdot H_5 = 66 \cdot 5 = 330 \text{ Hz}$
$H_6 = 6^è \text{ Harmònic}$	Sol 3	$F_6 = F_1 \cdot H_6 = 66 \cdot 6 = 396 \text{ Hz}$
$H_7 = 7^è \text{ Harmònic}$	Si b 3	$F_7 = F_1 \cdot H_7 = 66 \cdot 7 = 462 \text{ Hz}$
$H_8 = 8^è \text{ Harmònic}$	Do 4	$F_8 = F_1 \cdot H_8 = 66 \cdot 8 = 528 \text{ Hz}$
$H_9 = 9^è \text{ Harmònic}$	Re 4	$F_9 = F_1 \cdot H_9 = 66 \cdot 9 = 594 \text{ Hz}$
$H_{10} = 10^è \text{ Harmònic}$	Mi 4	$F_{10} = F_1 \cdot H_{10} = 66 \cdot 10 = 660 \text{ Hz}$
$H_{11} = 11^è \text{ Harmònic}$	Fa # 4	$F_{11} = F_1 \cdot H_{11} = 66 \cdot 11 = 726 \text{ Hz}$
$H_{12} = 12^è \text{ Harmònic}$	Sol 4	$F_{12} = F_1 \cdot H_{12} = 66 \cdot 12 = 792 \text{ Hz}$
$H_{13} = 13^è \text{ Harmònic}$	La 4	$F_{13} = F_1 \cdot H_{13} = 66 \cdot 13 = 858 \text{ Hz}$
$H_{14} = 14^è \text{ Harmònic}$	Si b 4	$F_{14} = F_1 \cdot H_{14} = 66 \cdot 14 = 924 \text{ Hz}$
$H_{15} = 15^è \text{ Harmònic}$	Si 4	$F_{15} = F_1 \cdot H_{15} = 66 \cdot 15 = 990 \text{ Hz}$
$H_{16} = 16^è \text{ Harmònic}$	Do 5	$F_{16} = F_1 \cdot H_{16} = 66 \cdot 16 = 1056 \text{ Hz}$

**Taula 1.** Taula amb els 16 harmònics de la nota Do 1 audibles per l'oïda humana, la nota a què corresponen i la seva freqüència.  
Les freqüències no són exactes, sinó que són aproximades.



**Imatge 8.** Pentagrama que té representats gràficament els 16 harmònics, de la nota Do 1, audibles per l'oïda humana, amb el nom de la nota que representen a sota el pentagrama, i amb el nombre de l'harmònic al qual corresponen sobre el pentagrama (són els mateixos harmònics que els de la Taula 1).

## 2. MÈTODES D'EMISSIÓ DEL SO: ELS INSTRUMENTS MUSICALS

Perquè un so sigui emès s'ha de produir un canvi en un medi material que pot venir donat per diferents mètodes.

## **2.1. Cordes**

En fer vibrar una corda que està fixada pels seus dos extrems, genera sèries harmòniques.

La **freqüència fonamental** d'una ona produïda per una corda és directament proporcional a la tensió a què està sotmesa i inversament proporcional a la llargària i a la seva densitat lineal.

El **timbre** originat dependrà fonamentalment del material de construcció, de la manera que es fa vibrar i de les característiques de l'element que les fa vibrar.

## **2.2. Columnes d'Aire**

Les columnes d'aire originades per un instrument musical poden estar tancades dins d'un tub obert, on les ones són longitudinals i de sèries harmòniques completes, o bé, en un tub tancat, on les ones són longitudinals i amb només els harmònics imparells de la sèrie harmònica.

La **freqüència fonamental** és inversament proporcional a la longitud del tub amb la característica que el tub tancat produeix una freqüència fonamental que és la meitat (una octava inferior) que la que origina un tub obert d'igual longitud.

El **timbre** depèn fonamentalment de la relació entre longitud i amplada del tub i de la seva forma, és a dir, si és cònic, cilíndric o una barreja d'ambdós.

L'instrument musical fa de ressonador de les columnes d'aire, ja que sense ell, les ones de les columnes d'aire, no serien audibles.

### **2.2.1. Llengüetes**

Un instrument de vent també pot estar format per una llengüeta o canya acoblada a un ressonador (columna d'aire tancada en un tub). Les llengüetes es poden classificar en dures o toves, com més dures són, més estable serà la freqüència produïda. A més, també poden ser simples (clarinet, saxòfon...) o dobles (oboè, gralla...), depenent de si s'utilitza una sola canya que vibra, o si són dues canyes unides entre si les que vibren.

La **freqüència fonamental** varia depenent del material i les dimensions de la llengüeta.

El **timbre** depèn fonamentalment del material de la canya.

#### **2.2.1.1 El Clarinet**

El clarinet és "l'excepció que confirma la regla", ja que és l'únic instrument de tub obert que té forma cilíndrica i que funciona amb llengüeta. Aquestes característiques fan que tot i ser un instrument de tub obert, només pugui fer els harmònics imparells de la sèrie harmònica.

### **2.3. Membranes i Plaques**

Les membranes són instruments de percussió com la pandereta, el timbal. N'hi ha de dos tipus: les rectangulars, que tenen les mateixes característiques que les cordes perquè es poden definir com un conjunt de cordes paral·leles i perpendiculars; i les circulars, que produeixen nodes radials i circulars en comptes de sèries harmòniques.

La **frequència fonamental** de les membranes circulars és directament proporcional a la tensió a la que està sotmesa i inversament proporcional al seu radi i a la seva densitat de superfície. El timbre depèn fonamentalment del material de la membrana i de la seva caixa de ressonància (si en té), i del punt on es percudeix com també de les característiques de l'element que la percudeix (ja sigui la mà o una baqueta).

Les plaques són instruments de percussió com els plats i les campanes, que tenen característiques molt semblants a les membranes amb la gran diferència que no estan sotmeses a pressió ja que no estan fixes pels extrems.

### **2.4. Barres**

Les barres són instruments de percussió com el xilòfon i la marimba. N'hi ha de dos tipus: les barres fixes pels dos extrems i les que només estan fixes per un extrem.

La **frequència fonamental** és directament proporcional al gruix de la barra i inversament proporcional a la seva longitud.

El **timbre** es caracteritza pel material de la barra i l'element que la percudeix.

## **3. EL CLARINET**

### **3.1. Què és el Clarinet?**

El clarinet és un instrument musical que pertany a la família dels vent-fusta, concretament als de canya simple, com el saxòfon, però a diferència d'aquest, té el cos cilíndric com la flauta o l'oboè.

Té una tessitura<sup>3</sup> de més de quatre octaves i és un instrument transpositor, que vol dir que la nota que llegeixes a la partitura, no és la nota que sona. Per exemple, quan amb el clarinet toques un Si, sona un La. I quan toques un Do, sona un Si bemoll, i és per això que es diu **Clarinet en Si bemoll**. Tot i que aquest és el més freqüent, hi ha clarinets afinats en altres tonalitats.

### **3.3. Parts del Clarinet**

Després de totes les evolucions i millores que s'han fet a l'instrument al llarg de la seva història, el clarinet consta, actualment, de les següents parts:

---

<sup>3</sup> **tessitura**. Conjunt de notes que pot fer sonar un instrument.

### 3.3.1. L'Embocadura, la Canya i l'Abraçadora

L'abraçadora manté a l'embocadura i a la canya unides. Entre 1,5 i 1,75 centímetres de l'embocadura s'introdueixen a l'interior de la boca del clarinetista amb la canya tocant al llavi inferior. Les dents i el llavi del maxil·lar superior reposen sobre la part superior de l'embocadura. El clarinetista fa vibrar la canya amb l'aire que dirigeix a certa pressió cap a l'interior del tub, i s'inicia el so.



**Imatge 9.** (esquerra) Fotografia de l'abraçadora, l'embocadura i la canya, d'esquerra a dreta.

**Imatge 10.** (dreta) Fotografia dels elements de la imatge 6 units.

### 3.3.2. El Barrilet

És la part del clarinet que uneix l'embocadura i el cos superior del clarinet. Serveix per afinar l'instrument, ja que si separem una mica el barrilet del cos del clarinet, estàs fent el tub més llarg i per tant, sonarà més greu.



**Imatge 11.** Fotografia del barrilet.

### 3.3.3. El cos

El cos del clarinet es pot separar en dues parts: el cos superior i el cos inferior, que són les que contenen els forats i el mecanisme de claus. El clarinetista col·loca la mà esquerra al cos superior i la dreta al cos inferior, tot i que hi ha claus del cos superior que acciona amb la mà dreta, i viceversa.



**Imatge 12.** Fotografia del cos superior i del cos inferior, de dalt a baix.

### 3.3.4. El Pavelló o Campana

El pavelló o campana, és la part inferior del clarinet i té forma cilíndrica. Hom pot pensar que serveix per amplificar el so, però no és així. La funció de la campana és millorar la uniformitat dels tons més greus de cada registre.



**Imatge 13.** Fotografia de la campana.

### 3.3.5. El mecanisme de claus i anelles

El cos del clarinet té 24 forats, en canvi, els éssers humans només tenim 5 dits a cada mà. I a més a més, alguns forats estan a massa distància entre ells i els dits d'una sola mà no els podrien tapar tots dos alhora.

És per aquests motius que es va haver de crear aquest mecanisme de claus i anelles que possibiliten que un sol

clarinetista amb les seves dues mans i els seus cinc dits de cada mà, pugui tocar el clarinet.



**Imatge 14.** Fotografia amb elements del mecanisme de claus.

### 3.3.6. Els suros

Gràcies als suros que hi ha als extrems d'algunes parts del clarinet, l'embocadura pot encaixar amb el barrilet, el barrilet amb el cos superior, el cos superior amb l'inferior i el cos inferior amb la campana.

Però el suro també es present al mecanisme de claus. Totes les claus que en accionar-les toquen el clarinet, porten suro a la part inferior per tal que aquest contacte no generi cap so.



**Imatge 15.** Fotografia dels suros de l'encaix entre el cos superior i l'inferior, i del suro de les claus.

### 3.3.7. Sabatilles

Les sabatilles es troben a la part inferior de la clau que tapa el forat i fa la mateixa funció que faria el tou del dit.



**Imatge 16.** Fotografia de sabatilles de diferents mides, ja que hi ha claus de diferents mides.

### 3.3.8. El Suport del Polze

L'únic dit que no tapa cap forat ni acciona cap clau en cap moment és el polze de la mà dreta, perquè en aquest dit recau tot el pes del clarinet. El suport del polze és una peça metàl·lica que es troba a la part de darrera (la de davant és on hi ha els forats) del cos inferior del clarinet. A sota del suport s'hi col·loca el polze de la mà dreta i d'aquesta manera, el pes del clarinet queda recolzat en aquest dit. Normalment, es recobreix el suport del polze amb una peça de goma per tal que sigui més còmode.



**Imatge 17.** Fotografia del suport del polze recobert amb la peça de goma (ampliada a l'esquerra de la imatge).

### **3.2. Materials Emprats per a la Construcció de Clarinets**

Al llarg de la història, ha anat canviant el material amb el qual es fa un clarinet. Els primers clarinets eren de fusta de boix, un material que dóna un so preciós a l'instrument però que no és gaire resistent als canvis de temperatura, de fet, podria arribar a trencar aquesta fusta. Per tant, es van buscar més materials com la fusta de *granadilla*, o la de banús, que és la més utilitzada pels clarinets professionals, ja que per als clarinets dels estudiants, es va trobar un material més barat i més lleuger i resistent: l'ebonita. Aquest material és un polímer molt dur que s'obté de la vulcanització del cautxú i el seu nom deriva del banús, la fusta a la qual substitueix. Amb aquest material s'han arribat a fer clarinets de colors. També s'han construït clarinets de metall però s'ha preferit la fusta per les seves característiques.

Tot i que les embocadures havien estat de banús, en aparèixer l'ebonita, pràcticament totes són d'aquest altre material, ja que és molt més senzill de manipular. Tot i així, també se n'ha construït de metall i fins i tot de vidre.

La llengüeta està feta de canya i requereix un tractament llarg, perquè moltes característiques del so de l'instrument depenen d'aquest element.

L'abraçadora pot estar feta de metall o de cuir, tot i que la majoria de les de cuir incorporen metall en la seva estructura.

I el mecanisme de claus està fet de níquel o de llautó i, a més a més, es recobreixen amb un bany de níquel, plata o fins i tot or, tot i que aquests dos últims banys es reserven per als clarinets de més alta gamma.

### **3.4. Tipus de Clarinets**

Pràcticament tots els clarinets són transpositors, perquè el clarinet en Do té masses harmònics aguts i és massa estrident. Tot i que els diferents tipus de clarinets han estat construïts en gairebé totes les tonalitats, la majoria són obsolets i, per això, només parlarem dels més importants.

- **Requint en Mi b:** generalment no s'utilitza en orquestra i poc en bandes. També el podem trobar afinat en La b, Fa i Re, però aquests encara són menys comuns.



**Imatge 18.** Fotografia de clarinets fets de fusta de banús, ebonita, ebonita tenyida de groc, ebonita tenyida de verd i metall, d'esquerra a dreta.



- **Clarinet Soprano en Si b**: el més habitual. El podem trobar afinat en La, es fa servir bastant en orquestra. També el podem trobar afinat en Do, en Si, en Sol, en Re, però són molt poc freqüents.

- **Clarinet Basset en La**: és semblant al clarinet soprano però és més llarg i, per tant, pot arribar a fer notes més greus. També existeix en Do i en Si b tot i que no es fan servir gaire.

- **Corno di Bassetto en Fa**: té un so semblant al del clarinet però menys brillant, més fosc i, per això, el seu so es relaciona amb el sobrenatural.

- **Clarinet Alt en Mi b**: una octava més greu que el requint.

- **Clarinet Baix en Si b**: una octava més greu que el clarinet soprano en Si b.

- **Clarinet Contralt en Mi b**: una octava més greu que el clarinet alt.

- **Clarinet Contrabaix en Si b**: una octava més greu que el clarinet baix.

- **Clarinet Octocontralt en Mi b**: dues octaves més greu que el clarinet alt. Només n'hi ha tres en tot el món.

- **Clarinet Octocontrabaix en Si b**: dues octaves més greu que el clarinet baix. Només se n'ha construït un en tota la història.



*Imatge 19.* Fotografia amb un Requint en Mi b, un Clarinet Soprano en Do, un en Si b i un en La, un Clarinet Alto, un Corno di Bassetto, un Clarinet Baix i un Contrabaix, d'esquerra a dreta.

### 3.5. Breu Història del Clarinet

L'antecessor del clarinet és el *chalumeau*, un instrument de vent fusta que va ser creat al segle XVII, durant el Barroc musical, un període de desenvolupament dels instruments musicals, sobretot en el camp dels de vent. Aquest instrument era més aviat curt i amb una tessitura limitada, tampoc es feia servir gaire.

A finals d'aquest segle, J.C. Denner va crear el "primer clarinet", el clarinet de tres claus. Era més llarg que el *chalumeau*, i també tenia una tessitura més extensa, però encara no es feia servir gaire perquè hi havia pocs músics que en tinguessin un i el sabessin tocar.

El clarinet va seguir sense tenir gaire importància perquè havia entrat en un cercle viciós: si no hi ha clarinetistes, els compositors no l'inclouen a les seves obres i, si no hi ha repertori per a l'instrument, ningú es molesta a aprendre a tocar-lo. Però a partir de la segona meitat del segle XVIII, ja en ple Classicisme, els avenços tècnics i el descobriment de nous materials, van fer que el clarinet comencés a

destacar. El nou clarinet disposava de dues claus més i es podien fer bemolls i sostinguts de la mateixa manera que la flauta, és a dir, combinant forats oberts, forats tancats i forats semioberts, però aquestes notes eren molt irregulars i a més la seva intensitat acostumava a ser inferior a la resta de notes. Per això es va decidir fer instruments de diferents tonalitats i se'n faria servir un o un altre depenent de l'afinació de l'obra que havien de tocar. És en aquest context que va néixer un clarinet en fa: el *corno di basseto*. Aquest instrument va ser el primer que va sobrepassar la tessitura de la resta de clarinets cap al greu. Tots els tipus de clarinets arribaven com a màxim fins al mi, en canvi, el *corno di basseto*, arribava fins al do. Això va ser possible perquè era més llarg que la resta de clarinets, tant, que el cos superior i el cos inferior no eren rectes sinó que els dos cossos s'unien per una junta angular per poder-lo subjectar més fàcilment.

Durant el Renaixement, el clarinet va mantenir la popularitat que havia obtingut en les últimes dècades i es va millorar el mecanisme de claus per facilitar la digitació al clarinetista. Ara, el clarinet ja tenia 6 claus.



**Imatge 20.** Fotografia del chalumeau, del clarinet de Denner i del clarinet de cinc claus, d'esquerra a dreta.



**Imatge 21.** Fotografia d'un corno di basseto.

Entrats al segle XIX, Iwan Müller va afegir 7 claus noves a l'instrument i hi va fer un canvi molt important, un gir de cent vuitanta graus a l'embocadura. Fins ara, els clarinetistes tocaven amb la canya tocant al llavi superior, una manera de tocar que facilita el control dels aguts però que dóna al clarinet un timbre molt dur i que dificulta molt fer sonar l'instrument deixant una mica de silenci entre nota i nota com en l'*staccatto* i, amb la canya tocant al llavi inferior, com deia Müller, dóna un timbre més càlid, facilita el control de la vibració de la canya i amb una mica d'estudi es pot tenir un control perfecte de les notes més agudes. Aquest clarinet es coneix amb el nom de Sistema Müller.

H. Klosé i A. Buffet van desenvolupar el Sistema Boehm, que té aquest nom perquè està inspirat en el sistema que T. Boehm va crear per a les flautes travesseres, tot i que, no va intervenir en el del clarinet. Aquest nou sistema va ser molt ben rebut a França, que és on es va crear, però en canvi, a Alemanya, no en van voler sentir a parlar, sinó que van preferir el Sistema Oehler.

Aquest últim sistema creat per O. Oehler estava basat amb el Sistema Müller, però té més claus i una acústica més bona. La digitació i la disposició dels forats d'aquest sistema és diferent del de Boehm.

Actualment, el Sistema Oehler només es fa servir a Alemanya i Àustria, pràcticament tota la resta de països fan servir els clarinets del Sistema Boehm.



**Imatge 22.** Fotografia d'un clarinet del Sistema Müller, un del Sistema Boehm del s. XIX i un d'actual i, un del Sistema Oehler actual.

#### **4. CONSTRUCCIÓ D'UN CLARINET**

Els materials amb els quals es construeixen clarinets són molt cars i difícils d'aconseguir, si no s'és un fabricant de clarinets, i són molt difícils de treballar perquè es necessita una maquinària i unes eines molt específiques que només es troben al taller d'un luthier de clarinets. Cal, doncs, trobar un material per fer l'instrument, i a triar, que sigui cilíndric i buit per dintre (així no caldrà fer una feina tant difícil com és foradar de manera homogènia l'interior del tub per on passarà l'aire). El primer que em ve al cap és la canya, un material vegetal i lleuger que no costarà gens de tallar i foradar, a més a més, és molt econòmic. Però en fer una prova en tallar-la i foradar-la, comprovo que és trenca i s'esquerda molt fàcilment, per això la descarto. El segon que em ve al cap són els tubs de PVC (*veure Annex 3*), un material fàcil de treballar i econòmic. I aquest sí, és el material que faig servir per a construir el meu instrument.

Un gran problema que se'm presenta és l'embocadura. És una de les parts del clarinet més difícils de construir, i per això utilitzaré la mateixa embocadura del clarinet amb la seva abraçadora i la seva canya.

Farem servir un tub de PVC de 2 centímetres de diàmetre interior perquè és el que més bé em va per acoblar-hi l'embocadura.

Un altre problema és la llargada i els forats del clarinet. La tessitura d'aquest instrument és de més de quatre octaves. El clarinet té més forats que dits tenim a les mans i, a més a més, estan tan separats que no es poden tapar tots amb els dits de les mans, sinó que s'ajuda d'un mecanisme de claus que permet tapar-los tots. Amb el tub de PVC serà molt difícil acoblar-li aquest mecanisme, i per tant, decideixo que el clarinet només constarà d'una octava (vuit notes). Per tal que els forats quedin més a la vora i es puguin tapar amb els dits amb facilitat. Aquest instrument s'assemblarà més al dels inicis del clarinet: el *chalumeau*.

Un cop solucionats els primers problemes, ja podem començar a dissenyar l'instrument a partir de la fórmula de les ones estacionàries en tubs (treballada a l'apartat d'ones estacionàries), que relaciona la freqüència de cada nota amb la distància del tub:

$$f = \frac{85}{L} \rightarrow L = \frac{85}{f}$$

El que volem saber és la longitud del tub per cada nota. Cada nota té una freqüència diferent, i tot músic sap que la freqüència del La 3 és de 440 Hz a partir de la qual s'afina amb aquesta nota. I per trobar la resta de freqüències, ho farem a partir del La 3 i amb l'ajut d'una altra fórmula:

Partim de l'escala temperada, que té 12 parts iguals (semitons). Dos semitons, un to (*veure Annex 1*). Per exemple, per buscar la nota següent cal multiplicar la freqüència del La 3 per l'arrel dotzena de dos elevat a 1, per buscar la següent es multiplica la freqüència del La 3 per l'arrel dotzena de dos elevat a 2, i per buscar l'anterior al La 3, només cal multiplicar la freqüència del La 3 per l'arrel dotzena de dos elevat a la menys 1.

El resultat de tots els càlculs anteriors els hem posat en aquesta taula:

NOTA	OPERACIÓ	f (Hz)	OPERACIÓ	L (cm)
Do 3	$440 \cdot \sqrt[12]{2^{-9}}$	262	$\frac{85}{262} = 0,3244m \cdot \frac{100cm}{1m}$	32,44
Do # 3	$440 \cdot \sqrt[12]{2^{-8}}$	277	$\frac{85}{277} = 0,3067m \cdot \frac{100cm}{1m}$	30,67
Re 3	$440 \cdot \sqrt[12]{2^{-7}}$	294	$\frac{85}{294} = 0,2894m \cdot \frac{100cm}{1m}$	28,94

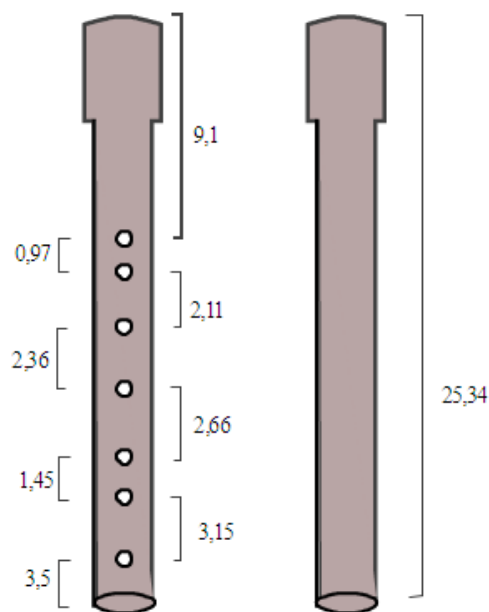
<b>Re # 3</b>	$440 \cdot \sqrt[12]{2^{-6}}$	311	$\frac{85}{311} = 0,2732m \cdot \frac{100cm}{1m}$	27,32
<b>Mi 3</b>	$440 \cdot \sqrt[12]{2^{-5}}$	330	$\frac{85}{330} = 0,2579m \cdot \frac{100cm}{1m}$	25,79
<b>Fa 3</b>	$440 \cdot \sqrt[12]{2^{-4}}$	349	$\frac{85}{349} = 0,2434m \cdot \frac{100cm}{1m}$	24,34
<b>Fa # 3</b>	$440 \cdot \sqrt[12]{2^{-3}}$	370	$\frac{85}{370} = 0,2297m \cdot \frac{100cm}{1m}$	22,97
<b>Sol 3</b>	$440 \cdot \sqrt[12]{2^{-2}}$	392	$\frac{85}{392} = 0,2168m \cdot \frac{100cm}{1m}$	21,68
<b>Sol # 3</b>	$440 \cdot \sqrt[12]{2^{-1}}$	415	$\frac{85}{415} = 0,2047m \cdot \frac{100cm}{1m}$	20,47
<b>La 3</b>	$440 \cdot \sqrt[12]{2^0}$	440	$\frac{85}{440} = 0,1932m \cdot \frac{100cm}{1m}$	19,32
<b>La # 3</b>	$440 \cdot \sqrt[12]{2^1}$	466	$\frac{85}{466} = 0,1823m \cdot \frac{100cm}{1m}$	18,23
<b>Si 3</b>	$440 \cdot \sqrt[12]{2^2}$	494	$\frac{85}{494} = 0,1721m \cdot \frac{100cm}{1m}$	17,21
<b>Do 4</b>	$440 \cdot \sqrt[12]{2^3}$	523	$\frac{85}{523} = 0,1624m \cdot \frac{100cm}{1m}$	16,24

**Taula 2.** A l'esquerra, el nom de la nota, l'equació per trobar la freqüència de totes les notes a la columna següent, seguida del resultat. A la quarta columna, l'equació de les ones estacionàries en tubs i, a la de la dreta, la longitud del tub per cada nota. Les files que són de color gris fosc, són les notes que farem servir pel nostre clarinet.

#### 4.1. El Primer Intent

Com que volem un instrument que faci l'escala de Do i partint de la Taula 2, la llargada del tub ha de ser de 32,44 cm, però cal tenir en compte que hi acoblarem l'emboCADURA del clarinet que té una mida de 7,1 cm, i per això, la restem de la mida del tub. Un cop ja sabem com hem de tallar el tub i on hem de fer els forats, ja podem agafar les eines i el tub de PVC.

Mesurem el tub i fem una marca als 25,34 cm amb un llapis. Subjectem el tub amb un cargol de sobretaula i tallem el tub amb una serra d'arc, per on hem fet la marca. Amb paper de vidre polim l'extrem del tub que hem tallat per treure'n les impureses i hi acoblem l'emboCADURA del clarinet.



**Imatge 23.** Esbós del tub que s'ha de tallar i foradar, sense l'emboCADURA.

Tornem a mesurar el tub marcant ara el lloc on farem els 7 forats i procedim a fer el primer forat (el més allunyat de l'embocadura) amb un trepant i una broca del 2, polim l'orifici amb una llima petita i provem com sona. Fem el mateix procediment amb la resta de forats i n'observem els resultats.



**Imatge 24.** Tallar.



**Imatge 25.** Llimar i polir.



**Imatge 26.** Foradar.



**Imatge 27.** Llimar i polir els forats.



**Imatge 28.** Instrument de vent.

Fem sonar l'instrument bufant per l'embocadura i tapant tots els forats amb els dits i sona una nota. Si deixem el forat de baix de tot destapat en sona una altra i si anem destapant els forats cada cop sona una nota diferent. Sabrem quines notes són amb l'ajut d'un afinador, que és un aparell que et diu si la nota que sona és una mica més aguda (*alta*) o una mica més greu (*baixa*) del què hauria de ser, i que fan servir els músics per afinar els seus instruments abans de començar a tocar.

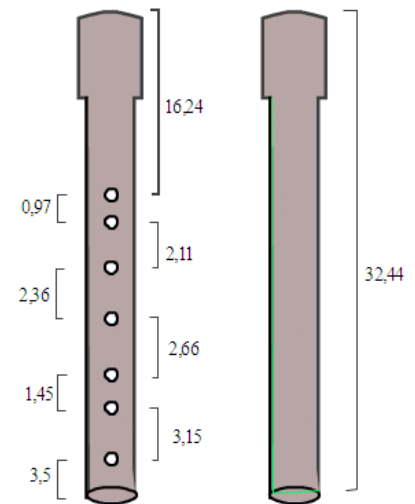
Així doncs, ens trobem que l'afinador ens marca que les notes del nostre clarinet són: un sol sostingut *alt*, un la, un si bemoll *alt*, un si *baix*, un do, un do sostingut *alt*, un re i un mi bemoll *baix*. Aquests resultats no són els esperats, de fet, havia de sonar l'escala de Do major.

#### 4.2. Segon Intent

El primer que se m'acudeix és que no hauríem d'haver restat la longitud de l'embocadura al tub, i per això, tornem a repetir el mateix procediment que en el primer instrument, però aquest cop, construint el tub amb les mides de la taula.

Tornem a fer servir l'afinador amb el nou tub i els resultats tampoc són els esperats: un fa, un fa sostingut *baix*, un sol *baix*, un sol *alt*, un sol sostingut, un si bemoll *baix*, un si i un do *baix*.

Tot i que sembla que la fórmula no funcioni, comparo els dos resultats i veig que quan hem sumat una embocadura, la tessitura ha augmentat una tercera aproximadament, i que si li augmentem una tercera més, aproximadament, tindrem el Do que busquem. Per això sumarem 7,1 centímetres més al tub, és a dir, una embocadura més.



**Imatge 29.** Esbós del segon intent.

#### 4.3. Tercer Intent

Així doncs, decideixo foradar un tercer tub que, per tant, mesurarà 39,54 centímetres i la distància de l'embocadura al primer forat, mesurarà 23,34 centímetres, mentre que els forats seguiran a la mateixa distància que en els dos tubs anteriors. Un cop construït, comprovem quines notes sonen, però aquest cop encara ha estat pitjor, gairebé no sona i els harmònics salten molt ràpid, però segueixen funcionant més o menys per semitons, per tant, tapant un de cada dos forats amb cinta aïllant, aconseguirem una escala per tons. També fem més grossos els forats veient que el clarinet baix, que té un tub molt més llarg que el clarinet, també té els forats més grossos. Amb això, ens queda un tub amb quatre forats que fa notes incoherents i que s'ha desviat molt de la fórmula.



**Imatge 30.** Imatge del tercer tub amb quatre forats més grossos i tres trossos de cinta aïllant (negre) tapant forats.

Entre tot aquest garbuix, aconseguixo posar-me en contacte amb en Xavi Lozano.

#### 4.4. Visita a Xavi Lozano Palay

En Xavi Lozano va néixer a Badalona l'octubre del 69. Quan era petit tocava el tible, un instrument musical de la família dels vent-fusta, de doble canya i tub cònic, que forma part de la cobla. Més tard, també va tocar el saxòfon i després les flautes de bambú. Va estar estudiant a l'Índia, on va aprendre a tocar la flauta travessera tradicional d'aquest país, el *bansuri*, i això el va portar a tocar-ne d'altres com una flauta àrab, el *nei*, que té la particularitat que no té cap tipus d'embocadura i, per tant, s'ha de col·locar els llavis d'una manera molt concreta per aconseguir fer-la sonar. La tècnica que es fa servir per tocar el *nei*, es pot aplicar a qualsevol tub, i d'aquesta manera, en Xavi fa sonar escombres, cadires, maons, crosses, manillars de bicicleta, les barres de jugadors del futbolí, regadores, i qualsevol objecte que contingui un tub.



*Imatge 31.* En Xavi Lozano tocant una cadira.



*Imatge 32.* En Xavi tocant un maó.



*Imatge 33.* En Xavi tocant una barra de futbolí.

Fa temps va presentar un programa de televisió al K3, l'“Atrapasons”, on ensenyava que el món és ple de música als més petits de la casa. Fins i tot, el van portar de convidat a programes com “Buenafuente” i “El Hormiguero”. Però jo el vaig descobrir a TV3, al “No me la puc treure del cap” presentat per Roger de Gràcia, on ell col·laborava tocant amb els seus instruments particulars la cançó que tractava cada programa.

En un moment d'estancament total en el treball, penso:

*Si en Xavi Lozano pot fer sonar una cançó amb una bicicleta, bé deu tenir alguna fórmula o algun sistema i sabrà fer-ho amb un tub de PVC, no?*



*Imatge 34.* En Xavi tocant una bicicleta.



Quan finalment aconseguixo posar-me en contacte amb ell, de seguida s'interessa en el tema del treball i em convida a casa seva, a Badalona. La Judit m'hi acompanya, i en arribar-hi, en Xavi ens ensenya un munt de flautes, clarinets i altres instruments però que no són els que jo sempre havia vist i que coneixia, ja que estan fets amb canya i són tradicionals de països de la Xina, l'Índia i l'Àfrica. També ens ensenya una altra manera de conèixer tots aquests objectes del dia a dia, mostrant-nos com sonen. I després de deixar-nos amb un pam de boca, posem fil a l'agulla.



**Imatge 35.** En Xavi tocant una tanca.

Li explico bé el meu treball i li ensenyo la fórmula que he fet servir per construir els tres tubs i els toco perquè vegi que els resultats no són els que jo volia. En acabat, en Xavi em diu que ell, de números i fórmules no en sap gaire però, que del que està segur, és que el tub de PVC té un diàmetre massa gran pels forats que hi faig i que no em recomana fer els forats més grans, sinó fer servir un tub més petit.

Després d'aquest consell, ens porta al seu taller i ens ensenya com s'ho faria ell per fer el clarinet.

Agafa un tub de PVC que fa 1,5 centímetres de diàmetre, d'entre una pila de tubs. El prepara per poder-hi acoblar l'embocadura posant cinta aïllant en un extrem del tub i acoblant-hi un tall de tub de diàmetre més gran que encaixa amb l'embocadura. Tot seguit comprova quin so fa, i resulta que sona un Sol una mica baix. Talla uns mil·límetres el tub i aquest cop sí, sona la nota Sol. Ens explica que farà el clarinet començant per la nota Sol en comptes de Do perquè així no ha de tallar més. I a partir d'aquí, comença a cantussejar "Sooool-Laaa" i tot seguit diu "foradaré aquí" mentre assenyala el tub. I així ho fa.



**Imatge 36.** En Xavi al seu taller amb un tub de PVC amb embocadura de clarinet acoblada a la mà esquerra, i un trepant a la dreta.

Després de fer el forat, comprova si sona un La però sona un Sol sostingut, i agafa cinta aïllant i tapa el forat fent un parell de voltes al tub. Després d'això, fa un forat una mica més amunt i aquest cop sí, el resultat és la nota La. I així va cantant i foradant i rectificat amb cinta aïllant fins que li queda un clarinet afinat amb l'escala de Sol.

Mentre fa tot el procés, també em diu que el diàmetre dels forats també és molt important, però que no hi ha cap manera de saber quin diàmetre ha de tenir cada forat de cada nota i que per tant, comenci amb un forat petit i el vagi fent més i més gran fins que soni la nota que ha de sonar.



**Imatge 37.** En Xavi apuntant on farà el primer forat després de cantar un Sol i un La.



**Imatge 38.** En Xavi foradant el clarinet on ja es poden veure dues tires de cinta aïllant.

Quan el toca ell, sona perfectament afinat però, quan me'l deixa tocar a mi, el resultat no és el mateix. Ell pot fer servir aquest sistema de fabricació d'instruments perquè juga amb la posició i la pressió que fa amb els llavis i amb la quantitat i la pressió d'aire per fer les notes afinades.

Després d'haver passat una tarda genial a Badalona, ens en tornem cap a casa amb un regal a les mans: un clarinet afinat en l'escala de Sol, però d'aquesta ciutat encara ens n'emportem una cosa millor, una nova manera de veure les coses que ens envolten, perquè tot, absolutament tot, sona.

Ara em toca aplicar els consell d'en Xavi: fer servir un tub de diàmetre més petit i començar per forats petits i anar-los engrandint fins a obtenir la nota que busco.



**Imatge 39.** Imatge del tub de PVC que ha fet en Xavi, que té quatre trossos de cinta aïllant (blanca) per tapar un forat i per disminuir el diàmetre de tres forats.

#### **4.5. Quart Intent**

Per fer el primer clarinet des que vaig anar a veure en Xavi, fem exactament el mateix que havíem fet amb el primer intent, però amb un tub de PVC d'1,5 centímetres de diàmetre i comencem amb un forat petit, mirem si sona la nota que ha de sonar, en cas contrari el fem una mica més gran, tornem a comprovar, el fem una mica més gran i així successivament fins que en resulten les notes que han de sonar. I aquest cop sí. Aconsegüim un clarinet de PVC que fa l'escala de Do.



**Imatge 40.** Imatge del quart intent: el clarinet de PVC que fa l'escala de Do.

#### **4.6. Intent amb Fusta**

Quan em parlen del saüc i me'n donen unes branques, que és un arbust les branques del qual tenen una medul·la blanquinosa, fàcil d'extreure, al seu interior (*veure Annex 4*), se'm presenta l'oportunitat de fer un clarinet amb la fusta de les seves branques.

Com que només cal buidar la branca de la medul·la, per tenir un tub, ja només ens quedarà preparar el tub per acoblar-hi l'embocadura del clarinet, i foradar-lo utilitzant la fórmula de la mateixa manera que ho hem fet amb el tub de PVC.

Però això no és tan fàcil. La fusta s'esquerda, es trenca, s'estella, etc. La branca de saüc, no és perfectament cilíndrica, ni tampoc és gaire recta. Aquest material, com la resta de fustes i altres materials emprats per a la construcció d'instruments musicals, com ja havia dit anteriorment, són molt difícils de manipular sense les eines adequades que només tenen els luthiers i, potser, algun fuster.

Tot i així, després de moltes branques destrossades i de molts intents fallits, aconseguim transformar una branca de saüc, en un clarinet que fa l'escala de Do. Encara que està una mica més desafinat que el tub de PVC, per la complexitat de manipular aquest material, té un so molt més bonic i càlid.



**Imatge 41.** Imatge de l'intent amb fusta: el clarinet de fusta de saüc que fa l'escala de Do.

## **5. CONCLUSIONS**

Aquest treball m'ha costat molt de fer, molt més del que em pensava quan vaig decidir fer-lo i, més d'un cop he estat a punt de deixar-lo córrer. El primer gerro d'aigua freda ja em va caure al començament: amb el tema ja decidit, vaig posar fil a l'agulla de seguida i em vaig començar a moure per visitar gent entesa en la matèria. La primera visita va ser al poble d'Artés (Bages) a principis de juliol, per veure en Dídac Miralles, un luthier de clarinets i saxos, que em va parlar molt dels materials utilitzats per construir clarinets, però em va desanimar bastant en la part pràctica del meu treball, ja que la va considerar gairebé impossible de fer. Però no em vaig rendir gràcies al suport incondicional de tota la gent que ja us he comentat.

Amb aquest treball he après moltes coses relacionades amb la física, la música i el clarinet. Potser tot això que he après no m'ajudarà a tocar més bé el clarinet, però sí que m'ha servit per entendre més bé aquest fantàstic instrument i aprendre'n coses que només tocant-lo, no es coneixen. Coses tan curioses com que no hi ha cap clarinet que soni exactament igual que un altre, que el timbre depèn del material de l'instrument, que l'afinació de cada nota depèn del diàmetre del forat i, de la distància d'un forat a l'altre; que el clarinet que coneixem actualment, té una història molt curta si la comparem amb altres instruments com el violí, que ja existia al s. XVI; que els seus antecessors, es tocaven amb l'embocadura del revés; que hi ha clarinets de colors, d'ebonita, de metall i de diferents tipus de fusta; que hi ha un clarinet tan gros i que sona tan i tan greu, que només se n'ha construït un en tot el món.

També he conegut les ones sonores, amb totes les seves característiques i com ens arriben fins al nostre cervell per convertir-se en sons.

He vist com emeten el so els instruments musicals, des de les diferents maneres de fer vibrar una corda, fins a les diverses formes de picar una barra, passant per com es fan sonar les columnes d'aire, les membranes i les plaques.

A l'hora de fer la part pràctica, he après tres coses molt importants. La primera, que és molt més difícil treballar amb fusta, que amb tubs de PVC però he experimentat que la fusta té un so més bonic, recollit i càlid en comparació amb el PVC que té una sonoritat més oberta. La segona, que això de fer instruments, no és pas bufar i fer ampolles, sinó que té els seus secrets, trucs i les seves intrínquils. La tercera i potser la més important és que cal molta paciència i que quan les coses no surten, s'ha d'intentar no ensopegar més de dues vegades amb la mateixa pedra, esbrinar el perquè ha fallat, buscar alternatives, no decaure, seguir-ho intentant fins que es veu un petit avenç, un petit pas més que et va animant a seguir endavant.

Arran de la visita a en Xavi Lozano, he descobert una nova manera de veure els objectes que ens envolten, perquè potser ja sabia que tots els objectes emeten sons i sorolls però, el que he après, és que d'aquests objectes se'n poden fer instruments musicals dels que no es solen veure en orquestres. Quan li

veus fer a ell, tot sembla molt fàcil però, a l'hora de la veritat, quan ho he intentat fer jo, he vist que no ho és tant.

Ara que tinc el treball acabat, me'n sento molt orgullós i crec que han valgut la pena totes les estones que m'ha fet viure, dolentes quan em quedava estancat i no hi havia manera d'acostar-me al to que necessitava o quan faltava un forat per acabar l' instrument i s'esquerdava la fusta, però també bones quan sonava la nota que estava cercant o aconseguia acabar cadascun dels instruments.

## **6. BIBLIOGRAFIA**

-<http://agora.xtec.cat/iesridaura/moodle/course/view.php?id=1201&topic=2>

-[http://ca.wikipedia.org/wiki/Clorur\\_de\\_polivinil](http://ca.wikipedia.org/wiki/Clorur_de_polivinil)

-[http://ca.wikipedia.org/wiki/Sambucus\\_nigra](http://ca.wikipedia.org/wiki/Sambucus_nigra)

-<http://en.wikipedia.org/wiki/Clarinet>

-<http://www.google.com/imghp>

-MERCADÉ, J.; SERRA, S.; ARMENGOL, M. *Física 2 Batxillerat*. Aravaca: McGraw-Hill/Interamericana de España, S.A.U. 2009, 1<sup>a</sup> ed.

-ZAMACOIS, J. *Teoría de la Música. Libro II*. Barcelona: Labor 1976, 5<sup>a</sup> ed.

## **ANNEX 1: L'ESCALA TEMPERADA**

L'escala temperada és el sistema d'afinació més utilitzat en música occidental. Aquesta escala que proposà Ramos de Pareja i que J.S. Bach va defensar, consta d'una octava dividida en dotze parts iguals anomenades **semitons**. I dos semitons sumen un **to**.

Si la relació de la freqüència d'una nota i la de la seva octava ascendent, és que la segona és el doble de la primera, la relació que hi ha entre els semitons és de  $2^{1/12}$ , ja que una octava està formada per dotze semitons.

L'únic inconvenient que té aquesta escala, científicament parlant, és que és completament errònia, ja que, com bé es pot comprovar observant les tecles d'un piano, considera que el *si#* i el *do* són la mateixa nota, i el mateix passa amb el *do#* i el *reb*, amb el *re#* i el *mib*, amb el *mi#* i el *fa*, amb el *fa#* i el *solb*, amb el *sol#* i el *lab* i, amb el *la#* i el *sib*. En el piano, per cadascuna d'aquestes parelles de notes, només hi ha una tecla, però en canvi, si tu preguntes a un violinista si posa el dit exactament al mateix lloc de la corda quan toca aquestes dues notes, et contestarà que no, que a l'hora de fer el *si#*, posa el dit una mica més avall que per fer el *do*.

## **ANNEX 2: LA FAMÍLIA D'INSTRUMENTS MUSICALS**

El mètode més utilitzat per classificar els instruments musicals es basa en l'estructura bàsica de cadascun i de la forma mitjançant la qual podem emetre un so. Amb aquesta classificació podem trobar tres **famílies** diferents d'instruments musicals: la família de la corda, la de vent i la de percussió.

Tots els instruments que pertanyen a una mateixa família són molt semblants entre ells mateixos, es podria dir que són *instruments germans*; però no tots els d'una família ho són entre ells, ja que també trobem **subfamílies** dintre de cada família, cada una amb un tret distintiu en comú.

### **- FAMÍLIA DE CORDA**

En aquesta família hi trobem tots els instruments en els quals hi ha alguna corda. Cal remarcar que el so és produït a causa de la vibració d'aquestes cordes, i que elles són la peça indispensable per fer sonar l'instrument. Aquestes cordes han d'estar tensades pels dos extrems, i la diferència entre les tres subfamílies que trobem són les diverses maneres de fer-les sonar que podem trobar: colpejant-les, fregant-les i pinçant-les. Respectant cadascun d'aquests tres mètodes trobem cada una de les subfamílies: la de la corda percutida, la de la corda fregada i la de la corda pinçada.

#### ***SUBFAMÍLIA DE CORDA FREGADA***

**Instruments que en formen part.** Aquí hi trobem un dels instruments que ens ve més ràpidament a la memòria quan parlem d'instruments de corda fregada: el violí. Aquest és l'instrument de corda per excel·lència, gràcies a la seva llarga història, el gran nombre de representacions en una orquestra, etc. Però no és l'únic que pertany a aquesta subfamília; l'acompanyen la viola, el violoncel i el contrabaix. L'única diferència entre ells és la mida, essent el violí el més petit dels quatre, seguit per la viola i el violoncel; i amb el contrabaix com a instrument més gran.

Aquesta diferència de mida representa també una diferència en la longitud de les cordes, i com més llarga és una corda més greu sona. Per tant, són quatre instruments molt semblants i amb timbres pràcticament idèntics, però que utilitzen registres diferents, tenint el contrabaix com a l'instrument més greu dels quatre.

**Descripció.** Aquests instruments estan compostos de quatre cordes d'igual longitud tensades pels dos extrems. Darrere de les cordes hi trobem una caixa de ressonància d'un cert volum, que permet que la vibració de les cordes se senti més forta.

**Mètode d'emissió del so.** Per tal de fer sonar la corda, és fregada per l'arc, i amb la ressonància d'aquest so en la caixa de ressonància tenim el so característic de la corda fregada. Però aquest no és l'únic mètode per fer sonar aquestes cordes, també hi ha la tècnica del *pizzicato* (molt popular en el



contrabaix), que consisteix a pinçar la corda amb el dit i deixar-la anar, cosa que produeix un so diferent. En aquest cas hi ha una gran semblança amb els instruments de corda pinçada.

#### *SUBFAMÍLIA DE CORDA PERCUDIDA*

**Instruments que en formen part.** En aquesta branca de la família de la corda només hi trobem un únic instrument: el piano. Contràriament al que hom pot pensar, el piano és de la família de la corda perquè el so és emès mitjançant cordes, com veurem a continuació.

**Descripció.** El piano està format per un seguit de tecles, una al costat de l'altra formant una filera. Hi ha tecles blanques i tecles negres, col·locades de manera que formen un patró de set tecles blanques i cinc de negres (una octava) que es va repetint. Darrere de les tecles tots els pianos tenen una caixa a l'interior de la qual hi ha les cordes que permeten fer sonar el piano.

**Mètode d'emissió del so.** A cada tecla li correspon una corda tensada que està dintre de la caixa del piano. Quan toquem una tecla, el que estem fent és fer baixar un martellet que està unit a la tecla de manera que percudeixi sobre la corda i la faci sonar.

#### *SUBFAMÍLIA DE CORDA PINÇADA*

**Instruments que en formen part.** En aquesta subfamília hi trobem la guitarra i tots els instruments que en deriven o que són semblants (banjo, mandolina, etc.). Però aquests no són els únics instruments que en formen part, també hi podem trobar instruments com el clavicèmbal o l'arpa.

**Descripció.** En aquest cas, tenim tot el grup d'instruments liderats per la guitarra, que tenen una estructura semblant: diverses cordes paral·leles (en el cas de la guitarra sis cordes), tensades pels dos extrems, col·locades davant d'una caixa de ressonància que permet que sonin amb més intensitat.

D'altra banda, trobem el clavicèmbal (també anomenat *clave*) i l'arpa. El primer és molt semblant al piano estèticament. De fet, fins que no n'escoltem el so no els podem diferenciar, ja que la diferència principal és la forma de fer sonar les cordes. Pel que fa a l'arpa podríem dir que és un instrument format per diverses cordes d'igual tensió i diferent longitud col·locades paral·lelament entre si.

**Mètode d'emissió del so.** L'únic tret que tenen en comú els instruments de corda pinçada és la forma d'emetre el so. Aquest es produeix quan a les cordes tensades pels dos extrems hi afegim una nova tensió al mig, i de cop aquesta desapareix. Això fa que la corda vibri i puguem escoltar el so de l'instrument. La tercera tensió (la que apareix al mig de la corda per tal de fer-la vibrar) pot ser produïda amb un dit (com és el cas de la guitarra i l'arpa) o amb algun objecte (una planxa de ferro en el cas del clavicèmbal i una pua en el cas de la guitarra).

## -FAMÍLIA DE VENT

Tots els instruments que pertanyen a aquesta categoria tenen en comú que funcionen amb aire que introduïm a l'instrument utilitzant la boca, aquest aire passa per dintre d'un tub i surt per la campana. Depenent del material del tub podem trobar dues subfamílies: la de vent metall i la de vent fusta.

### *SUBFAMÍLIA DE VENT FUSTA*

**Instruments que en formen part.** En aquest grup hi podem trobar el clarinet, el saxofon, la flauta travessera, l'oboè, la gralla, la tenora; així com la majoria d'instruments tradicionals catalans, com la tarota o el flabiol.

**Descripció.** El tret semblant entre tots els instruments d'aquesta subfamília és que tenen un tub fet de fusta pel qual hi passa l'aire i sona. Però aquest grup d'instruments és una mica especial, ja que no tots els instruments que en formen part tenen actualment el tub fet de fusta, com és el cas del saxofon i de la flauta travessera. Tot i això estan classificats dintre d'aquest grup perquè originàriament sí que estaven fets d'aquest material.

**Mètode d'emissió del so.** El so és emès per una canya simple (saxo, clarinet), doble (oboè) o per una embocadura amb un forat obert (flauta).

### *SUBFAMÍLIA DE VENT METALL*

**Instruments que en formen part.** Hi trobem tots els instruments de vent fets de metall: trompeta, trombó, trompa, tuba, etc. El so de tots ells és molt semblant, ja que la diferència essencial entre ells és la grandària, així cada instrument pot fer una tessitura diferent.

**Descripció.** Els instruments d'aquest grup tenen la particularitat que tots són tubs fets de metall, generalment llautó, i de color daurat o platejat. Són tubs cargolats, perquè sinó serien massa llargs.

**Mètode d'emissió del so.** El tret característic que comparteixen tots els instruments de vent metall és l'embocadura amb la qual emeten la columna d'aire que viatja per l'interior de l'instrument i produeix el so. Com que el so que emeten és molt fort i estrident disposen d'un aparell anomenat sordina que es posa a la campana i que permet fer el so més fluix i dolç per a la oïda.

## -FAMÍLIA DE PERCUSSIÓ

**Instruments que en formen part.** En aquesta gran família de la percussió hi tenim un ventall molt ampli d'instruments: des del xilòfon fins a la caixa, passant pels plats, la pandereta, la lira o el bombo, entre d'altres.

**Descripció.** En els instruments de percussió no hi ha cap tret que els caracteritzi visualment, ja que no tenen cap semblança en general, si bé es veritat que els instruments que utilitzen barres s'assemblen (xilòfon, lira, etc.), així com la caixa o el timbal.

**Mètode d'emissió del so.** Aquests instruments no tenen molts trets en comú. De fet, l'única característica que els podríem atribuir, i no la comparteixen tots, és que no fan una nota concreta, sinó que el seu so és indeterminat.

### **ANNEX 3: CLORUR DE POLIVINIL**

El PVC és una resina sintètica obtinguda per polimerització del clorur de vinil.

Un dels seus usos més coneguts és el de matèria primera per a fabricar els discos de música i de so en general, principalment des dels anys 50 als 80, coneguts per aquest motiu com a *discs de vinil* o, simplement, *vinils*.

Avui en dia, més del 50% del PVC fabricat mundialment s'utilitza en construcció. Durant molts anys ha anat substituint els materials de construcció tradicionals com la fusta, el ciment i els metalls perquè és barat, durable, i fàcil d'utilitzar. El PVC és reciclable després d'un procés difícil.

### **ANNEX 4: SAMBUCUS NIGRA**

El saüc, és un arbust caducifoli. **Sambucus**, etimològicament parlant, prové de la paraula grega *sambuca*, nom d'un antic instrument musical utilitzat pels romans fet amb fusta de saüc; i **nigra** prové del llatí i vol dir negre (referint-se al color dels seus fruits madurs). Aquest arbust el trobem bàsicament a l'entorn europeu, especialment a les conques del Mediterrani; per tant, als Països Catalans hi és comú, exceptuant-ne les Illes Balears.

Aquesta planta arbustiva té una mida d'entre 2 i 5 metres d'altura tot i que pot assolir els 7 m. Té una capçada densa i arrodonida. L'**arrel** consta d'un eix principal i ramificacions laterals. Al seu tronc hi apareixen gran quantitat de canals lactífers i conté branques recobertes d'una escorça d'un color marró-grisenc amb consistència llenyosa, les branques més joves tenen una medul·la blanquinosa molt desenvolupada, però no gaire densa i fàcil d'extreure. Les **fulles** són pinnatocompostes, que contenen uns 5-7 folíols en forma el·líptica, ovalada o oblonga. En aquests folíols podem diferenciar un àpex agut i una base atenuada, a més d'un marge serrat. La textura de les fulles és coriàcia i presenten una certa lluentor i una olor poc agradable que antigament es feia servir per foragitar els mosquits. Les **flors** estan agrupades voluminosament (entre 320 i 540) i són de color blanc cremós. Desprenen una olor forta i tenen un gust amarg. El **fruit** és una drupa arrodonida de color negre-violeta, carnós i sense pèls, i fa entre 6 i 8 mil·límetres de diàmetre. És comestible quan es troba en estat madur, però en cas contrari pot tenir certs efectes tòxics.

## **ANNEX 5: EINES UTILITZADES**

Per fer la part pràctica del treball, he necessitat moltes eines que es poden classificar per la funció que fan:

### **-EINES PER MEDIR:**

Per buscar mides generals he fet servir una cinta mètrica; però quan necessitava tenir més precisió, he fet servir el peu de rei.

### **-EINES PER MARCAR:**

Per fer una marca per on s'ha de tallar he usat el llapis; però per marcar el punt on cal foradar, he fet servir un punxó.

### **-EINES PER SUBJECTAR:**

Per subjectar els tubs de PVC i les branques de saüc, ho he fet amb un cargol de sobretaula.

### **-EINES PER TALLAR:**

Per tallar el PVC he fet servir una serra de metall; però, en canvi, per tallar la fusta de saüc, una serra de vogir.

### **-EINES PER FORADAR:**

Per fer els forats, he fet servir un trepant i broques de diferent numeració, tant per al PVC, com per a la fusta.

### **-EINES PER LLIMAR I POLIR:**

Per treure l'escorça de les branques de saüc, fem servir un enformador i, per acabar de polir-les, una polidora elèctrica i també paper de vidre. A l'hora d'escurçar una mica els tubs de PVC o les branques de saüc he fet servir llimes.

## **ANNEX 6: LES IMATGES**

Les imatges 1, 2, 4, 7, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21 i 22 són imatges extretes d'internet a través del cercador de Google Imatges.

Les imatges 3 i 6, les he editat amb el programa *Gimp 2* a partir de la imatge 2. La imatge 5 també l'he editat amb aquest programa a partir d'una altra imatge trobada a internet.

La imatge 8 és una captura de pantalla (retallada) del programa d'edició musical *Finale 2007*, i les imatges 23 i 29, són captures de pantalla (retallades) del programa d'edició gràfica *Inscape*.

Les imatges 9, 10, 11, 12, 13, 24, 25, 26, 27, 28, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40 i 41, són fotografies que jo mateix he fet amb una càmera de fotografiar.