

Son musical)

Les cuivres

Licence 2 (LP 212

Université Pierre & Marie Curie

Richard Wilson

(richard.wilson@aero.jussieu.fr)

May 30, 2006

- 1 Introduction
- 2 Résonateurs acoustiques
- 3 La diversité des cuivres
- 4 Principes

Définition

- À partir du matériau (alliage utilisant du cuivre)? et les saxophones ?

Définition

- À partir du matériau (alliage utilisant du cuivre) ? et les saxophones ?

Définition

- À partir du matériau (alliage utilisant du cuivre) ? **et les saxophones ?**
- À partir de la façon dont ils sont joués : la colonne d'air est excitée par les lèvres du musicien.

Les cuivres ?

Définition

- À partir du matériau (alliage utilisant du cuivre) ? **et les saxophones ?**
- À partir de la façon dont ils sont joués : la colonne d'air est excitée par les lèvres du musicien.
- Les cuivres sont constituées :

Définition

- À partir du matériau (alliage utilisant du cuivre) ? **et les saxophones ?**
- À partir de la façon dont ils sont joués : la colonne d'air est excitée par les lèvres du musicien.
- Les cuivres sont constituées :
 - ▶ Résonateur acoustique : tube cylindrique et/ou conique + pavillon,

Définition

- À partir du matériau (alliage utilisant du cuivre) ? **et les saxophones ?**
- À partir de la façon dont ils sont joués : la colonne d'air est excitée par les lèvres du musicien.
- Les cuivres sont constituées :
 - ▶ Résonateur acoustique : tube cylindrique et/ou conique + pavillon,
 - ▶ Embouchure : Couplage excitateur-résonateur.

Définition

- À partir du matériau (alliage utilisant du cuivre) ? **et les saxophones ?**
- À partir de la façon dont ils sont joués : la colonne d'air est excitée par les lèvres du musicien.
- Les cuivres sont constituées :
 - ▶ Résonateur acoustique : tube cylindrique et/ou conique + pavillon,
 - ▶ Embouchure : Couplage excitateur-résonateur.
- Pas de trous latéraux : une seule ouverture (pavillon).

Un peu d'histoire...

- Les cuivres modernes ont en commun le mode de production du son : excitation directement par les lèvres (**buzz**).

Un peu d'histoire...

- Les cuivres modernes ont en commun le mode de production du son : excitation directement par les lèvres (**buzz**).
- C'est une longue histoire...

Un peu d'histoire...

- Les cuivres modernes ont en commun le mode de production du son : excitation directement par les lèvres (**buzz**).
- C'est une longue histoire...
 - ▶ tiges creuses végétales (**didjeridoo**),

Un peu d'histoire...

- Les cuivres modernes ont en commun le mode de production du son : excitation directement par les lèvres (**buzz**).
- C'est une longue histoire...
 - ▶ tiges creuses végétales (**didjeridoo**),
 - ▶ cornes animales (**trompes**),

Un peu d'histoire...

- Les cuivres modernes ont en commun le mode de production du son : excitation directement par les lèvres (**buzz**).
- C'est une longue histoire...
 - ▶ tiges creuses végétales (**didjeridoo**),
 - ▶ cornes animales (**trompes**),
 - ▶ conques, coquillages.

L'Oliphant



L'Oliphant



L'Oliphant



La chanson de Roland

Roland met Oliphant à ses lèvres. Il sonne bien, de toutes ses forces. Hautes sont les montagnes et longue la voix du cor. Tout là bas, de l'autre côté du col, on entend le chant du cor.

Devant sa grande armée, Charles l'entend et tous ses chevaliers l'entendent aussi...

Roland sonne encore. Il sonne si fort que quelque chose se brise en lui. Il a la bouche sanglante. Sa tempe s'est rompue. Il sonne Oliphant avec grande douleur.

Conque

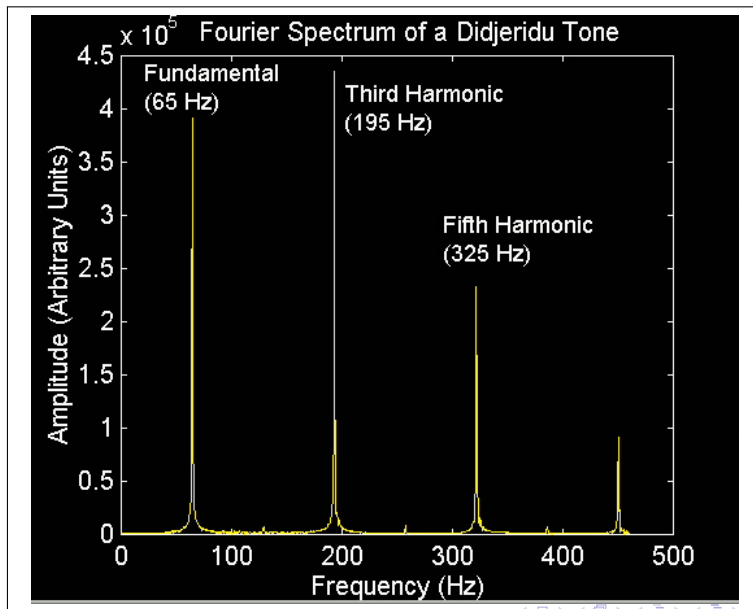


Conque



didjeridoo





Fréquences résonnantes : cylindre

$$f_n = (2n + 1) \frac{c}{4L}$$

Ici, $L = 130$ cm.

Fréquences résonnantes : cylindre

$$f_n = (2n + 1) \frac{c}{4L}$$

Ici, $L = 130$ cm.

$$f_0 = \frac{c}{4L} = 65 \text{ Hz,}$$

$$f_1 = 3 \times 65 = 195 \text{ Hz,}$$

$$f_2 = 5 \times 65 = 325 \text{ Hz}$$

...

Fréquences résonnantes : cylindre

$$f_n = (2n + 1) \frac{c}{4L}$$

Ici, $L = 130$ cm.

$$f_0 = \frac{c}{4L} = 65 \text{ Hz,}$$

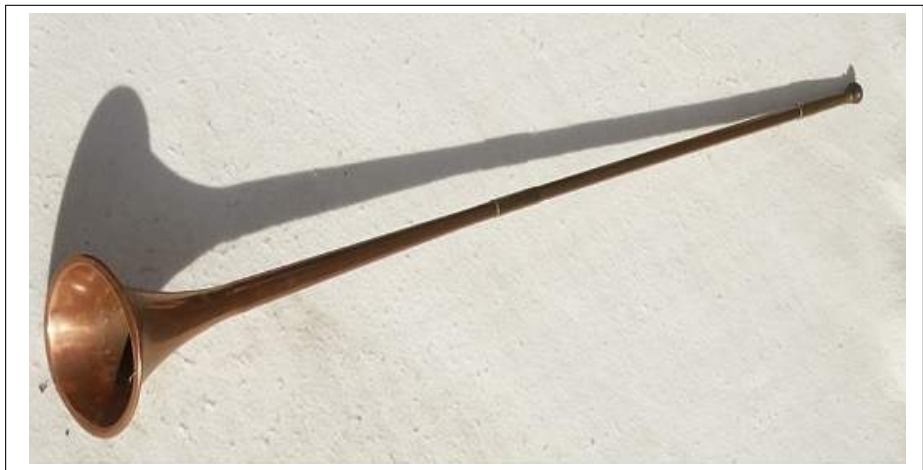
$$f_1 = 3 \times 65 = 195 \text{ Hz,}$$

$$f_2 = 5 \times 65 = 325 \text{ Hz}$$

...

Seules sonnent (résonnent) les harmoniques impaires.

Trompette de Jericho



Trompette de Jericho

Fréquences résonnantes (cylindre + pavillon)

$$f_n \approx (n + 2) \frac{c}{4L}$$

Avec $L = 110$ cm.

Trompette de Jericho

Fréquences résonnantes (cylindre + pavillon)

$$f_n \approx (n + 2) \frac{c}{4L}$$

Avec $L = 110$ cm.

$$f_0 = \frac{c}{4L} = 77 \text{ Hz} \quad 0,63$$

$$f_1 = 229 \text{ Hz} \quad 1,87$$

$$f_2 = 366 \text{ Hz} \quad 2,99$$

$$f_3 = 490 \text{ Hz} \quad 4$$

$$f_4 = 619 \text{ Hz} \quad 5,06$$

...

Trompette de Jericho

Fréquences résonnantes (cylindre + pavillon)

$$f_n \approx (n + 2) \frac{c}{4L}$$

Avec $L = 110$ cm.

$$f_0 = \frac{c}{4L} = 77 \text{ Hz} \quad 0,63$$

$$f_1 = 229 \text{ Hz} \quad 1,87$$

$$f_2 = 366 \text{ Hz} \quad 2,99$$

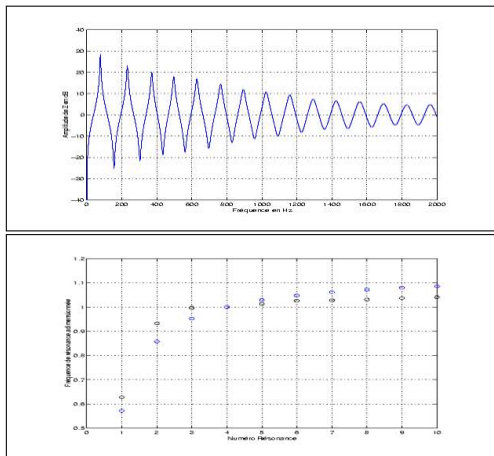
$$f_3 = 490 \text{ Hz} \quad 4$$

$$f_4 = 619 \text{ Hz} \quad 5,06$$

...

Les harmoniques paires sonnent (résonnent) cette fois \implies contenu harmonique plus riche.

Impédance acoustique



Cône tronqué

$$Z(\omega) \propto \frac{1}{\frac{1}{\tan(kl)} + \frac{1}{kx}}$$

l longueur du cône, x troncature.

Suivant les perces

- Dominante conique : le bugle, le tuba

Suivant les perces

- Dominante conique : le bugle, le tuba
- dominante cylindrique : trompette, trombone

Suivant les perces

- Dominante conique : le bugle, le tuba
- dominante cylindrique : trompette, trombone
- hybride : cor, cornet.

Trompette



Bugle



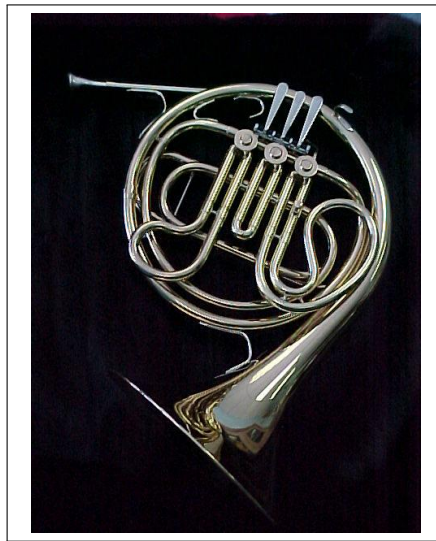
Trombone



Trombone



Le cor (french horn)



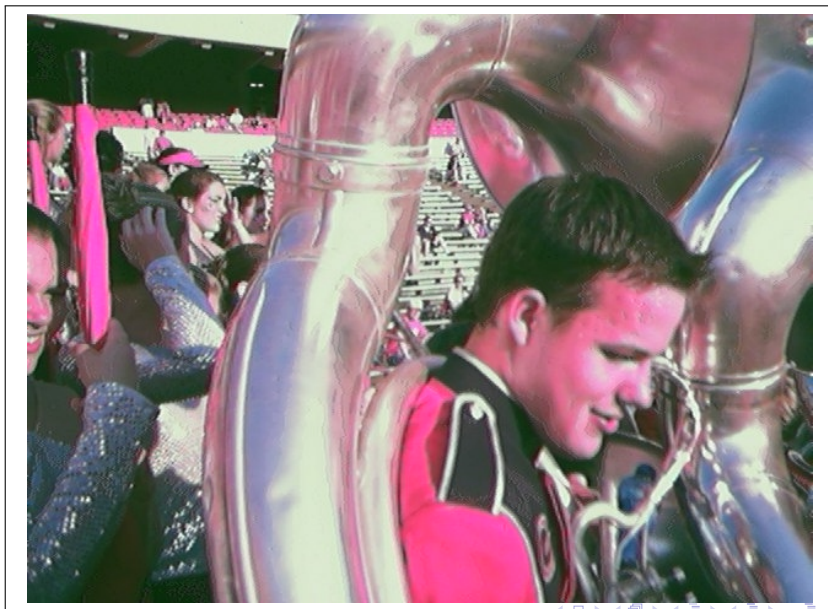
Tuba



The True Heavy Metal Music



The True Heavy Metal Music



The True Heavy Metal Music



Modèle simplifié

- Système bouclé à deux éléments (comme pour les bois)

Modèle simplifié

- Système bouclé à deux éléments (comme pour les bois)
 - ▶ Le système **excitateur** (la source acoustique) localisé au niveau des lèvres du musicien,

Modèle simplifié

- Système bouclé à deux éléments (comme pour les bois)
 - ▶ Le système **excitateur** (la source acoustique) localisé au niveau des lèvres du musicien,
 - ▶ Le **résonnateur** (l'instrument lui même), guide d'onde acoustique fortement résonnant.

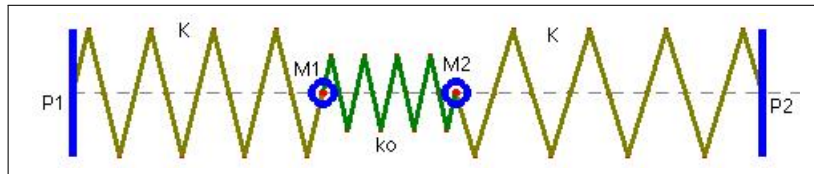
Modèle simplifié

- Système bouclé à deux éléments (comme pour les bois)
 - ▶ Le système **excitateur** (la source acoustique) localisé au niveau des lèvres du musicien,
 - ▶ Le **résonateur** (l'instrument lui même), guide d'onde acoustique fortement résonnant.
- La géométrie interne (la perce) de l'ensemble cuivre embouchure est la caractéristique essentielle de l'instrument quant à son comportement acoustique.

Le principe

Oscillateurs couplés

- En première approximation, le système musicien-instrument est assimilé à deux oscillateurs couplés :
 - ▶ un oscillateur mécanique (une résonance extraite de la réponse mécanique)
 - ▶ et un oscillateur acoustique (une résonance acoustique extraite de l'impédance d'entrée du résonateur).



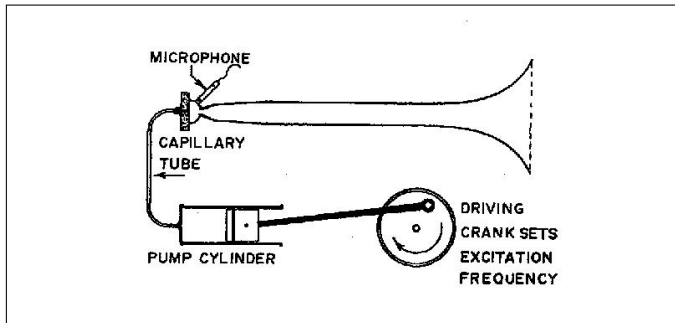
Mesure

- On applique à l'entrée de l'instrument un débit d'air périodique $U(t)$, ($U = vS$) où v est la vitesse acoustique et S la section.

Impédance acoustique

Mesure

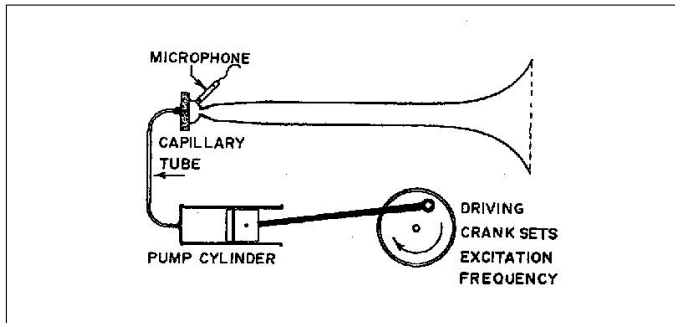
- On applique à l'entrée de l'instrument un débit d'air périodique $U(t)$, ($U = vS$) où v est la vitesse acoustique et S la section.



Impédance acoustique

Mesure

- On applique à l'entrée de l'instrument un débit d'air périodique $U(t)$, ($U = vS$) où v est la vitesse acoustique et S la section.
- On mesure la pression acoustique Pa dans l'instrument.



Impédance acoustique



Fréquence résonnantes

- L'impédance acoustique est fonction de la **fréquence** d'excitation.

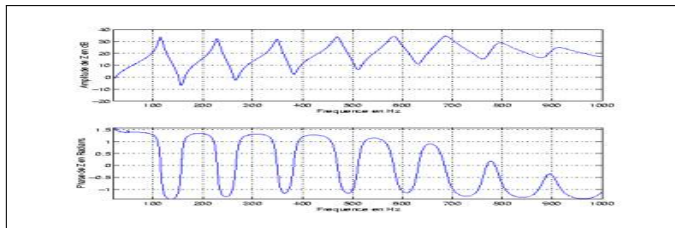
$$Z_a = \frac{P_a}{v} = \frac{P_a}{U/S}$$

Impédance acoustique

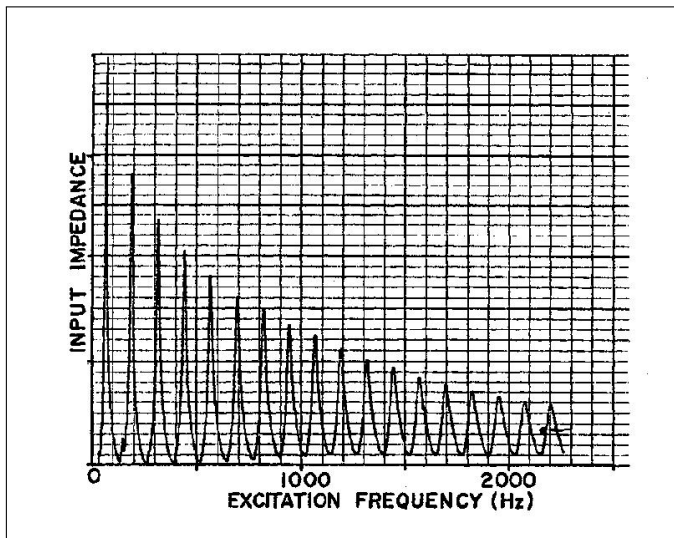
Fréquence résonnantes

- L'impédance acoustique est fonction de la **fréquence** d'excitation.

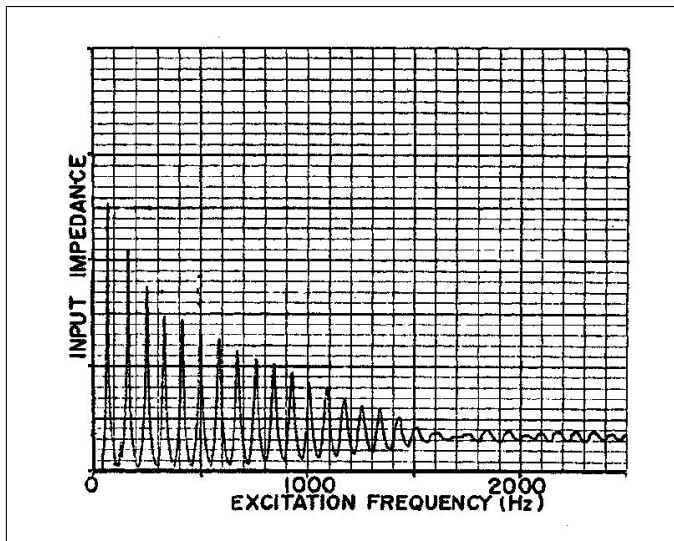
$$Z_a = \frac{P_a}{v} = \frac{P_a}{U/S}$$



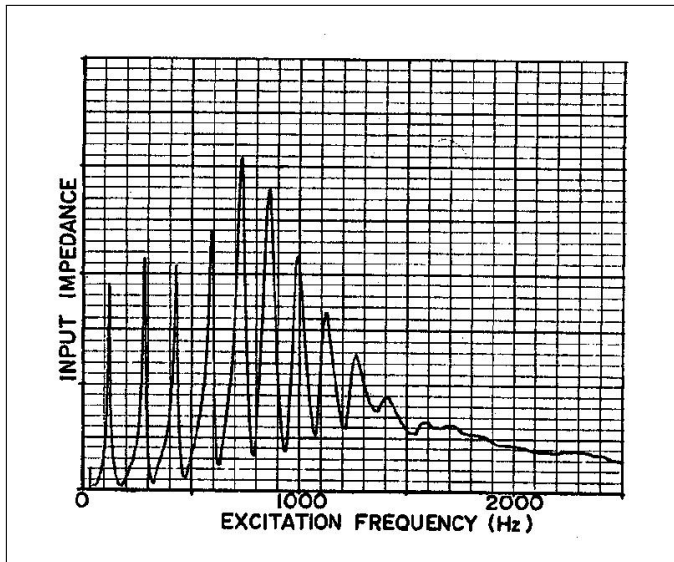
Impédance acoustique



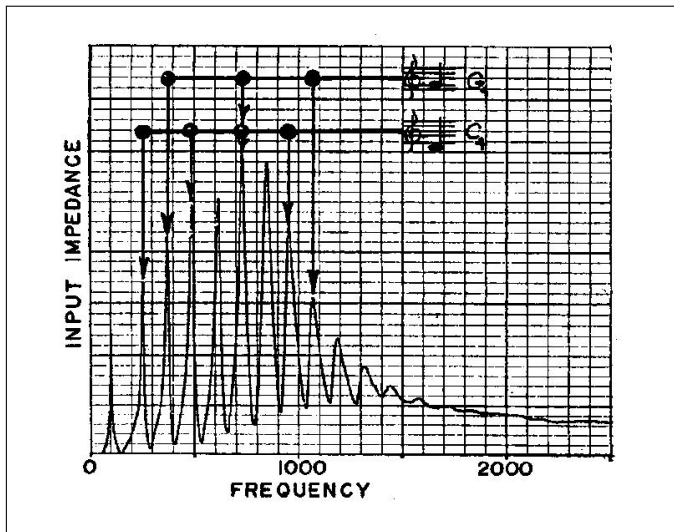
Impédance acoustique



Impédance acoustique



Impédance acoustique



L'embouchure

- Pièce indépendante de l'instrument,

L'embouchure

- Pièce indépendante de l'instrument,
- Adaptation d'impédance entre les lèvres et l'instrument "résonnant",

L'embouchure

- Pièce indépendante de l'instrument,
- Adaptation d'impédance entre les lèvres et l'instrument "résonnant",
- généralement constitué de deux cônes, successifs.

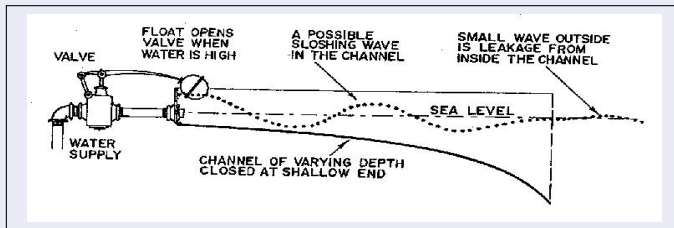
L'embouchure

- Quasi impossible pour l'instrumentiste d'exciter la fréquence exacte,

L'embouchure

L'embouchure

- Quasi impossible pour l'instrumentiste d'exciter la fréquence exacte,
- Il y a un effet rétroactif : le débit d'air de l'onde réfléchie tend à faire vibrer les lèvres de l'instrumentiste à la fréquence de résonance.



Types de perce

- Une longue partie cylindrique, sur laquelle sont branchées les dérivations.

Types de perce

- Une longue partie cylindrique, sur laquelle sont branchées les dérivations.
- une partie conique,

Types de perce

- Une longue partie cylindrique, sur laquelle sont branchées les dérivations.
- une partie conique,
- une partie plus évasée, le pavillon (réflecteur).

Partiels

- Pour un doigté de trompette, ou une position de coulisse de trombone donnée, le musicien obtient une série de notes (les partiels) se rapprochant d'une série harmonique

Les notes

Partiels

- Pour un doigté de trompette, ou une position de coulisse de trombone donnée, le musicien obtient une série de notes (les partiels) se rapprochant d'une série harmonique
- Par exemple la série harmonique basée sur un si bémol.



Les notes

Partiels

- Pour un doigté de trompette, ou une position de coulisse de trombone donnée, le musicien obtient une série de notes (les partiels) se rapprochant d'une série harmonique
- Par exemple la série harmonique basée sur un si bémol.
- À chaque longueur de tube est associées une suite de mode résonnant.



Partiels

- La tessiture complète est obtenue grâce à des mécanismes permettant de faire varier la longueur du tube : piston ou coulisse.

Partiels

- La tessiture complète est obtenue grâce à des mécanismes permettant de faire varier la longueur du tube : piston ou coulisse.
- Avec trois pistons, le trompettiste (tubiste, corniste) possède huit doigtés, permettant à l'instrumentiste de couvrir l'intervalle.

Partiels

- La tessiture complète est obtenue grâce à des mécanismes permettant de faire varier la longueur du tube : piston ou coulisse.
- Avec trois pistons, le trompettiste (tubiste, corniste) possède huit doigtés, permettant à l'instrumentiste de couvrir l'intervalle.
- Pour le trombone, la variation de longueur est continue.

Comparatifs

	Trompette	Cor	Trombone	Tuba
Fondamentale	Sib ₃	Fa ₂	Sib ₂	Sib ₁
Longueur (cm)	140	375	275	536
Diam. Pavillon (cm)	11	32	18	35–60