

Tableau Les fréquences des notes de différentes octaves

Noteloctave		0	1	2	3	4	5	6	7
Do	C	32,70	65,41	130,81	261,63	523,25	1046,50	2093,00	4186,01
Do#	C#	34,65	69,30	138,59	277,18	554,37	1108,73	2217,46	4434,92
Ré	D	36,71	73,42	146,83	293,66	587,33	1174,66	2349,32	4698,64
Ré#	D#	38,89	77,78	155,56	311,13	622,25	1244,51	2489,02	4978,03
Mi	E	41,20	82,41	164,81	329,63	659,26	1318,51	2637,02	5274,04
Fa	F	43,65	87,31	174,61	349,23	698,46	1396,91	2793,83	5587,65
Fa#	F#	46,25	92,50	185,00	369,99	739,99	1479,98	2959,96	5919,91
Sol	G	49,00	98,00	196,00	392,00	783,99	1567,98	3135,96	6271,93
Sol#	G#	51,91	103,83	207,65	415,30	830,61	1661,22	3322,44	6644,88
La	A	55,00	110,00	220,00	440,00	880,00	1760,00	3520,00	7040,00
La#	A#	58,27	116,54	233,08	466,16	932,33	1864,66	3729,31	7458,62
Si	B	61,74	123,47	246,94	493,88	987,77	1975,53	3951,07	7902,13

I – Gamme en Do majeur : balade dans le ton

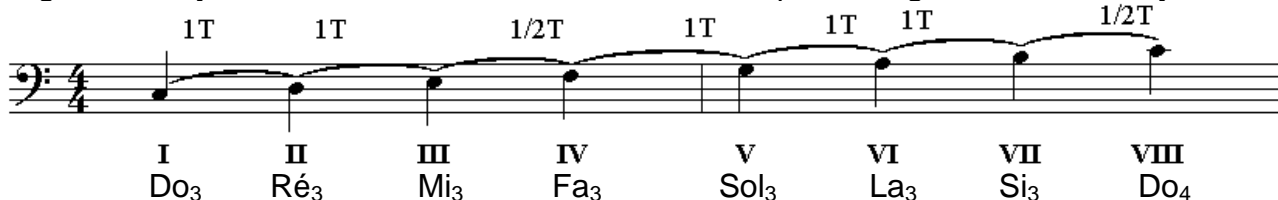
Une gamme est constituée par un ensemble de notes comprises dans une octave. La gamme la plus connue du grand public est la gamme en Do majeur.

Document 1 Notes et fréquences de trois octaves successives dans la gamme en do majeur
 Voir les encadrés sur le tableau précédent

Do	Ré	Mi	Fa	Sol	La	Si
-----------	-----------	-----------	-----------	------------	-----------	-----------

Document 2 Distribution des tons dans une octave

Une octave se divise en 12 demi-tons qui correspondent à des intervalles égaux. La construction d'une gamme majeure est donnée ci-dessous avec l'exemple de la gamme en Do majeur.



À noter : les **demi-tons** entre Mi et Fa, Si et Do.

Questions

1.1 D'après le tableau, montrer comment évolue la fréquence lorsqu'on passe d'un Do₃ à un Do₄ ? Quel est le rapport de fréquence correspondant ? Cette observation est-elle généralisable d'une octave à une autre ? De n'importe quelle note à celle de l'octave supérieure ?

1.2 Justifier l'existence de 12 demi-tons dans une octave.

1.3 Calculer le coefficient par lequel doit être multipliée la fréquence de Mi₃ pour passer à celle de Fa₃. Est-ce le même entre Si₃ et Do₄ ? Peut-on généraliser ce coefficient pour tous les sauts d'un demi-ton quelle que soit l'octave considérée ?

1.4 Calculer le coefficient par lequel doit être multipliée la fréquence de Do₃ pour passer à celle de Ré₃. Est-ce le même entre Ré₃ et Mi₃ ? Peut-on généraliser ce coefficient pour tous les sauts d'un ton quelle que soit l'octave considérée ?

1.5 Justifier la cohérence des résultats du 1.3 et 1.4

1.6.1 On s'intéresse à la gamme de sol majeur, gamme dont le premier degré est un sol₃. À partir des réponses précédentes, calculer les fréquences des différentes notes qui composent cette gamme en partant toujours de la fondamentale pour chaque calcul ($x (1,0595)^n$) et identifier les notes correspondantes. La concordance est-elle parfaite ?

1.6.2 La valeur de 1,0595 est-elle une valeur exacte ou approchée du coefficient ? Vérifier qu'elle vaut, en fait, $\sqrt[12]{2}$.

II – Introduction à la flûte : souffle sur les gammes

Partie documentaire : nœuds et ventres de vibration dans un tuyau à embouchure de flûte

Un tuyau sonore à embouchure de flûte comprend un biseau. Quand l'air vient frapper ce dernier, la colonne d'air présente l'intérieur du tuyau se met à vibrer. Ces tuyaux sont considérés comme des tuyaux ouverts au niveau de l'embouchure. L'autre extrémité du tuyau peut être :

- soit ouverte, le tuyau sonore est alors un tuyau ouvert aux deux extrémités ;
- soit fermée, le tuyau est alors ouvert à une extrémité, fermé à l'autre.

À une extrémité ouverte, est toujours situé un ventre de vibration noté V.

À une extrémité fermée, est toujours situé un nœud de vibration noté N.

Nœuds et ventres	Tuyau ouvert	Tuyau fermé à une extrémité
Mode fondamental f_1 (n = 1)		
Harmonique 2 $f_2 = 2 f_1$ (n = 2)		
Harmonique 3 $f_3 = 3 f_1$ (n = 3)		

La distance séparant deux nœuds ou deux ventres vaut $\lambda/2$.

En complétant le tableau ci-après :

1.1 Dans les trois modes précédents, établir les relations liant L, la longueur du tube, et la longueur d'onde λ .

1.2 Généraliser pour un harmonique de rang n dans le cas du tuyau ouvert.

1.3 Dans le cas d'un tuyau fermé à une extrémité, démontrer que L vaut $(2n - 1) \times (\lambda/4)$ pour un harmonique de rang n.

1.4 Déduire de la relation précédente l'expression de λ dans chacun des cas.

1.5 Déduire de la relation donnant λ l'expression donnant la fréquence f du son en fonction du rang n de l'harmonique, de la vitesse de propagation de l'onde v et de L.

Rappel : $\lambda = v \times T = v / f$ d'où $f = v / \lambda = v / 2L$

Nœuds et ventres	Tuyau ouvert	Tuyau fermé à une extrémité
Mode fondamental f_1		
Harmonique 2 $f_2 = 2 f_1$		
Harmonique 3 $f_3 = 3 f_1$		
Harmonique n $f_n = n f_1$		
Expression de λ		
Expression de f en fonction de L		

2. Voici deux affirmations à confirmer ou à corriger :

a) à un tuyau sonore long correspond un son grave ;

b) un tuyau ouvert aux deux extrémités sonne avec une fréquence double de celle d'un tuyau de même longueur, fermé à une extrémité.

Partie expérimentale : étude d'une flûte de pan

Voici une flûte de pan constituée de dix tuyaux ouverts à une extrémité et fermés à l'autre. On cherche à démontrer la relation existant entre la longueur du tube et la fréquence fondamentale de la note émise.



Les logiciels Audacity ou REGAVI et Regressi sont à disposition.

1. Proposer un protocole permettant :

- dans un premier temps, de mesurer la fréquence fondamentale f_1 émise par chaque tuyau de la flûte et d'identifier la note émise ;
- dans un deuxième temps, de vérifier la relation entre cette fréquence fondamentale f_0 et la longueur L de chaque tuyau.

2. Compléter le tableau suivant pour les trois premiers tubes :

L (cm)	0,0	7,7	8,1	9,0	10,0	11,5	12,6	13,9	15,7	16,6	18,7
f_1 (Hz)	0,0				816,6	719,3	669,7	607,2	539,0	502,8	450,7

3. En observant les évolutions respectives de L et de f_1 , L et f_1 apparaissent-elles proportionnelles ou inversement proportionnelles ? Justifier. Déterminer les grandeurs proportionnelles.

4. Sur Regressi, tracer la courbe entre les grandeurs proportionnelles, choisir son modèle et relever son coefficient directeur.

5. À partir de ce coefficient, déterminer en expliquant la vitesse de l'onde et conclure.

6. Une flûte de pan doit jouer les notes Do_3 , Mi_3 , Sol_3 , Do_4 et Mi_4 . Est-ce le cas de cette flûte ?

III – Introduction à la guitare : les gammes s'accordent

Document Caractéristiques d'une guitare

• Une guitare classique possède six cordes auxquelles correspond une fréquence de vibration à vide donnée dans le tableau du 1.

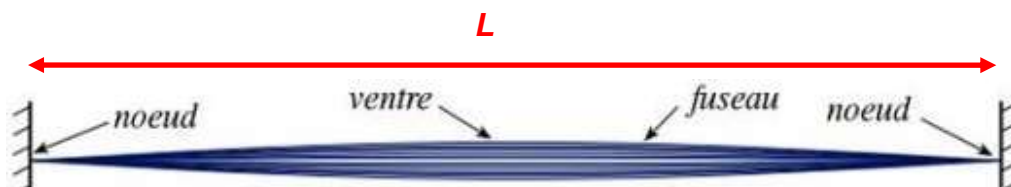


• Les frettes sont des éléments métalliques qui sont incrustées dans le manche. Chaque frette correspond à une partie surélevée qui permet de choisir la longueur de corde qui va entrer en vibration sous l'action des doigts pour jouer des notes différentes.

Le schéma ci-après nous donne les notes jouées selon la position du doigt sur le manche.

6	Fa	Sol	La	Si	Do	Ré	Mi
5	Do	Ré	Mi	Fa	Sol	La	Si
4	La	Si	Do	Ré	Mi	Fa	Sol
3	Mi	Fa	Sol	La	Si	Do	Ré
2	Si	Do	Ré	Mi	Fa	Sol	La
1	Fa	Sol	La	Si	Do	Ré	Mi

• Pour jouer des notes (et non des accords), un doigt peut se déplacer sur une corde et se poser dans les espaces entre les frettes, le plus près possible de la frette recherchée, déterminant ainsi la longueur de la corde en vibration. Voir schéma ci-contre.



• Dans le cas de la corde d'une guitare de longueur L (schéma ci-dessus), deux ventres (ou deux nœuds) consécutifs sont séparés d'une distance $\lambda/2$. Dans le cas présent, $L = \lambda/2$ ou encore $\lambda = 2L$. La hauteur du son f dépend donc de la longueur de la corde L en vibration et est donnée par la relation : $f = v / 2L$ où v est la vitesse de propagation de l'onde.

Rappel : $\lambda = v \times T = v / f$ d'où $f = v / \lambda = v / 2L$

Questions

1. Compléter le tableau suivant en retrouvant les notes (notation française) jouées par chaque corde à vide et le rang de l'octave à laquelle elle appartient :

Corde	1 (la plus épaisse)	2	3	4	5	6 (la plus fine)
Fréquence à vide	82,4	110,0	146,8	196,0	246,9	329,6
Note correspondante						
Rang de l'octave						

2. En détaillant les notes jouées en fonction de la position des doigts à côté des frettes, expliquer et justifier :

- comment évolue la fréquence quand la longueur de la corde diminue ?
- pourquoi dans le cas des cordes 1, 5 et 6, les notes Fa ou Do sont jouées par appui du doigt dans le premier espace sur le manche ?
- pourquoi dans le cas des cordes 2, 3 et 4, les notes Si ou Mi ou La sont jouées par appui du doigt dans le deuxième espace sur le manche ?
- l'alternance des notes sur la corde 5. À quelle gamme connue cette progression correspond-elle ?

Conclure sur le nombre de tons montés ou descendus selon la progression du doigt sur le manche et, donc, selon la longueur de la corde.

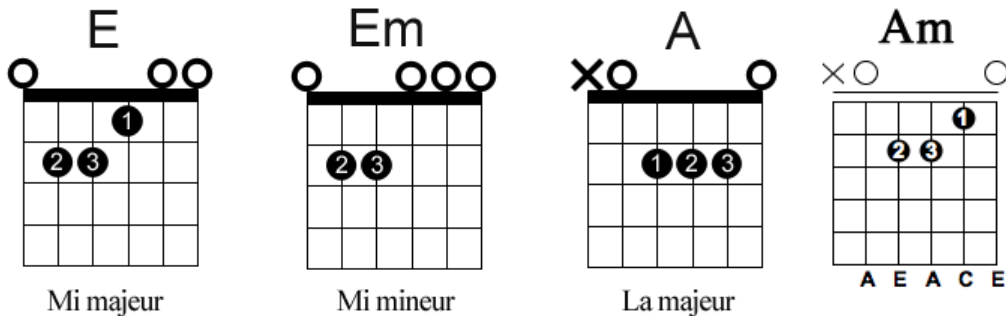
3. Citer les caractéristiques des notes jouées lorsque le doigt est appuyé sur la 12^{ème} frette ?

4. Justifier l'évolution de la hauteur d'un son en fonction de la longueur de la corde en vibration.

5. La longueur d'une corde à vide vaut $L_0 = 642$ mm. Dans le cas de la corde 4, déterminer la vitesse de propagation de l'onde.

6. Facultatif

Maîtriser les accords de base devient vite un préalable pour apprendre à jouer de la guitare. Voici quelques exemples de positionnement des doigts pour les accords suivants : Mi et La majeurs, Mi et La mineurs. La corde du Mi grave est à gauche.



Pour les accords en Mi, les doigts positionnés sur le manche, on joue la corde du Mi grave (corde 1), puis les trois cordes juste en dessous en même temps.

Pour les accords en La, les doigts positionnés sur le manche, on joue la corde du La (corde 2), puis les trois cordes juste en dessous.

Retrouver les notes jouées pour chaque accord par les doigts 1, 2 et 3 (pas de 1 si corde libre).

Accord	E	Em	A	Am
1(ou corde vide)				
2				
3				

Conclure sur les notes constituant les accords.

Rappel : gamme majeure 1,1,½,1,1,1,½ ; gamme mineure 1, ½, 1, 1, ½, 1, 1.

Accord majeur : I, III, V (7 demi-tons pour la quinte et 4 pour la tierce)

Accord mineur : I, III_m, V (7 demi-tons pour la quinte et 3 pour la tierce)