

Gammes et harmonies

I – Gammes et harmonie

Document 1

Approche historique et harmonie

Pythagore fut le premier à mettre en évidence la sensibilité de l'oreille aux rapports simples de fréquences existant entre les sons, harmonieux donc agréables à l'oreille.

Rapport des fréquences fondamentales	Position / à la note de référence	Nom	Exemple
$\frac{2}{1}$	8	Octave	Do – Do
$\frac{3}{2}$	5	Quinte	Do – Sol
$\frac{4}{3}$	3	Quarte	Do – Fa
$\frac{5}{4}$	1	Tierce	Do – Mi

Ainsi, la fréquence fondamentale du La₃, f = 440 Hz est accompagnée de ses harmoniques qui diffèrent selon l'instrument (f₁ = 2f, f₂ = 3 f...). En jouant en même temps le La₄, f' = 2f = 880 Hz, l'oreille entend déjà cette fréquence dans le La₃. Plus les harmoniques de deux notes ont des fréquences communes, plus le son émis est harmonieux.

L'**harmonie** entre deux notes existe quand le rapport des fréquences (la plus grande sur la plus petite) entre les deux ou **intervalle** est simple. La valeur la plus simple vaut 2 et correspond à une octave, l'intervalle fondamental qui délimite la **gamme**. D'autres rapports simples sont présentés dans le tableau ci-dessus.

Exemples : $\frac{f(\text{La}_3)}{f(\text{Ré}_3)} = \frac{440,0}{293,7} = \frac{3}{2}$ $\frac{f(\text{Si}_3)}{f(\text{Do}_3)} = \frac{11}{12}$

L'intervalle entre le La₃ et le Ré₃ est agréable à l'oreille, tandis que celui entre le Do₃ et le Si₃ ne l'est pas (dissonant). Deux notes seront **consonantes** entre elles si l'intervalle qui les sépare est le plus simple possible. Séparées par une octave, elles semblent n'en former qu'une.

Après l'octave, l'intervalle le plus simple qu'on puisse trouver est appelé **quinte** et forme un intervalle très consonant, plus que la **tierce**.

La **quarte** est l'inverse de la quinte et leurs rapports sont donc complémentaires: leur addition forme une octave, ou dit autrement, descendre d'une quinte revient à monter d'une quarte, et vice-versa.

Adapté d'après la source : <http://passionmusique.net/theorie-musicale/intervalles/>

Document 2 Gammes majeure et mineure

Voici la gamme la plus connue, ci-contre. Elle comprend 7 notes et couvre 6 tons. La séquence des tons est caractéristique : **1,1,½,1,1,½**. Le degré III s'appelle la **tierce**, le V la **quinte**, etc.

La tierce est dite **majeure**, car deux tons séparent la note **fondamentale** (le Do) et la tierce, d'où le nom de **gamme majeure** (gamme de Do majeur).

Gamme de Do majeur		
Note	intervalle	degré
Do		I
Ré	1 ton	II
Mi	1 ton	III
Fa	½ ton	IV
Sol	1 ton	V
La	1 ton	VI
Si	1 ton	VII
Do	½ ton	I

Gamme de Do mineur		
Note	intervalle	degré
Do		I
Ré	1 ton	II
Mi _b	1/2 ton	III
Fa	1 ton	IV
Sol	1 ton	V
Sol#	1/2 ton	VI
Si _b	1 ton	VII
Do	1 ton	I

Il est possible de construire des gammes majeures à partir d'une autre fondamentale, en respectant la même suite d'intervalles, par exemple en prenant le Mi comme note fondamentale. En revanche, si un ton et demi sépare la note fondamentale et la tierce, on parle alors de **gamme mineure** et la séquence devient **1, ½, 1, 1, ½, 1, 1**.

La musique occidentale utilise essentiellement 2 modes : le mode majeur et le mode mineur. **Récapitulatif**

Mode majeur

1 ton	1 ton	½ ton	1 ton	1 ton	1 ton	½ ton
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Mode mineur

1 ton	½ ton	1 ton	1 ton	½ ton	1 ton	1 ton
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

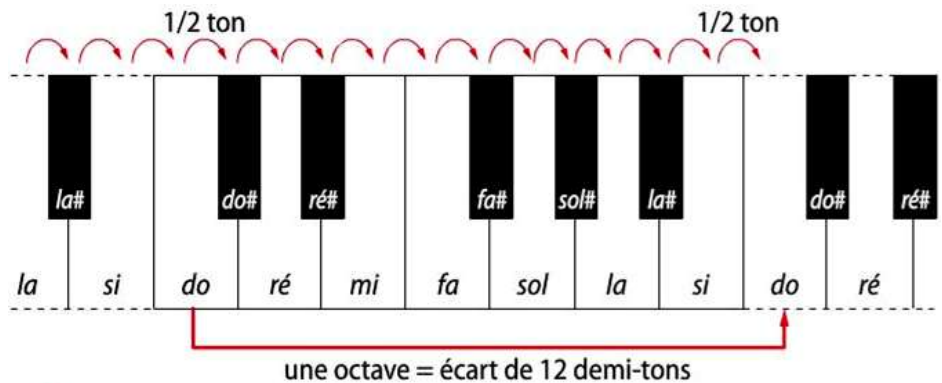
Document 3 Fréquences du fondamental et des harmoniques

Une octave est divisée en 12 demi-tons. Dans la **gamme tempérée**, tous les demi-tons sont égaux : la fréquence fondamentale d'une note s'obtient en **multipliant** celle du demi-ton précédent par un nombre constant. On peut montrer que ce nombre vaut $\sqrt[12]{2}$.

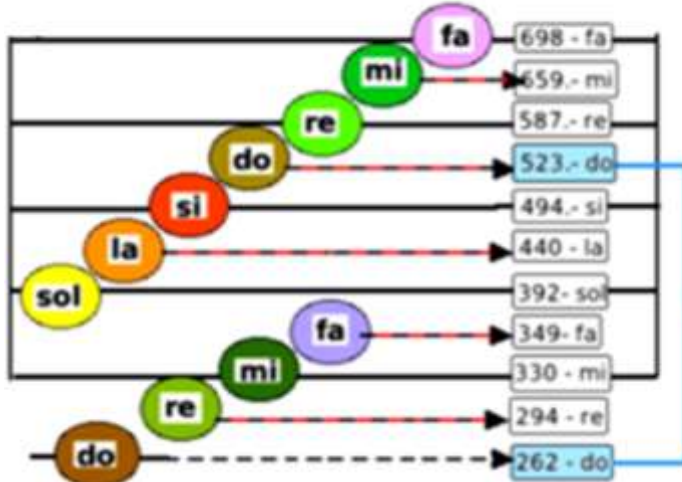
$$f_n = \sqrt[12]{2} \times f_{n-1}$$

Cette gamme tempérée est présente sur un piano ; les touches successives blanches et noires sont séparées par un demi-ton.

Si les quintes satisfont l'oreille, ce n'est pas le cas de tierces. Toutefois, au fil du temps, l'oreille s'est habituée à cette dissonance.



Document 4 Les fréquences (Hz) de la musique occidentale



note	octave1	octave2	octave3	octave4
do	65	131	262	523
re	73	147	294	587
mi	82	165	330	659
fa	87	175	349	698
sol	98	196	392	784
la	110	220	440	880
si	123	247	494	988
do	131	262	523	1046



Document 5 Notion d'accord

On appelle accord un ensemble d'au moins 3 notes différentes jouées en même temps. Un accord se doit être agréable à l'oreille et, pour ce faire, respecte quelques règles.

Un accord simple est composé des degrés I, III, V. L'accord est majeur quand la tierce est majeure, mineur quand la tierce est mineure. Le degré I s'appelle la **fondamentale** ou la **tonique**, c'est elle qu'on entend le plus ; la quinte s'appelle la **dominante** de l'accord (c'est elle qui lui donne sa couleur). Pour enrichir l'accord, une 4^{ème} note peut être ajoutée, souvent le degré VII.

En résumé :

- 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)

La VII possède la fréquence de la fondamentale + 10 demi-tons.

Chaque accord ainsi formé porte un nom, ce qui permet aux musiciens de communiquer: par exemple "Dm", "E7", etc. Le nom de l'accord indique la gamme choisie, ainsi que les notes qui ont été sélectionnées dans cette gamme.

Par exemple, dans la gamme de Do majeur, en associant la 1^{ère} note (Do) + la 3^{ème} note (Mi) + la 5^{ème} note (Sol), on obtient l'accord Do-Mi-Sol, appelé tout simplement "accord de Do majeur", ou "C" en notation anglo-saxonne, universellement utilisée pour noter les accords.

Adapté d'après : <http://passionmusique.net/theorie-musicale/accords/>

Dans les deux cas, on a toujours 6 tons (ou 12 ½ tons) pour une octave (de Do à Do ou de La à La).

Un accord majeur donne, en général, une impression de gaieté, de puissance tandis qu'un mineur donne une tonalité plus triste, réservé. Entre le Do et le Mi il y a deux tons, on qualifie cet accord de Majeur ; tandis qu'entre La et Do il n'y a « que » 1 ton et demi, on le qualifie de mineur.

Document 4 Fréquences des notes en Hz

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

Il est à remarquer que l'acoustique musicale n'est pas construite entièrement sur les règles physiques des harmoniques. En effet, pour les différents « Do », la progression est la suivante : la fréquence double à chaque fois.

Vérification

Fréquence (précision au 1/10 ^{ème}) en Hz	16,4	32,7	65,4	130,8	261,6	458	523,3
Note associée	C -1	C 0	C 1	C 2	C 3	C 4	C 5

Avec la fondamentale $f_0 = 65,4$ Hz, les harmoniques ont pour fréquence un multiple de f_0 , des **doubles** , mais aussi des multiples **impairs** .

Fréquence (précision au 1/10 ^{ème}) en Hz	65,4	130,8	196,2	261,6	327	392,5	458	523,3
Note associée	C2	C3	G3	C4	E4	G4	Entre A4 et A4 #	C5
Note française	Do 2	Do 3	Sol 3	Do 4	Mi 4	Sol 4	Entre La4 et La4 #	Do 5

Questions préalables

Remarque : vous pouvez vous aider du I pour répondre.

De façon générale

1.1 Quand deux notes sont-elles considérées comme harmonieuses ?

1.2 Compléter :

Une note (a) est à l'octave d'une note (b) si la fréquence de (a) vaut _____ de celle de (b).

Une note (a) est à la quinte d'une note (b) si la fréquence de (a) vaut _____ de celle de (b).

Une note (a) est à la quarte d'une note (b) si la fréquence de (a) vaut _____ de celle de (b).

Une note (a) est à la tierce d'une note (b) si la fréquence de (a) vaut _____ de celle de (b).

1.3 Quel est le nombre d'harmoniques communs pour :

- deux notes à la quinte ;

- deux notes à la quarte ;

- deux notes à la tierce.

1.4 Deux notes à la quinte vont paraître plus harmonieuses que deux notes à la tierce et, pourtant, la tierce est un intervalle courant, le nombre d'harmonique est-il suffisant pour créer un son harmonieux ?

1.4 À partir de la note « Ré », donner la note dont l'intervalle correspond à une :

tierce	quarte	quinte	sixte	octave

Dans « Kaamelot »

1.5 Quels sont les intervalles harmonieux selon le père Blaise ? Comment les qualifie-t-il ?

1.6 Voici le solo de Bohort



La sélection est réalisée en les dates : $t_1 = 15,742$ s et $t_2 = 15,838$ s.

1.6.1 Expliquer l'allure de la courbe obtenue.

1.6.2 Déterminer la période de la note émise par Bohort en expliquant la méthode utilisée.

1.6.3 Calculer la fréquence fondamentale correspondante. À quelle note correspond-elle ?

Mesures sur Audacity

Vous disposez du fichier mp3 de l'enregistrement « LA QUINTE JUSTE » sur le site ainsi que le logiciel Audacity à télécharger et la fiche d'utilisation correspondante à cette manipulation.

Pour chaque extrait, compléter le tableau suivant adapté à chaque cas :

Fréquences présentes (Hz)								
Note anglo-saxonne associée								
Note latine associée								
Note de Bohort								
Note d'Arthur								

1) Solo de Bohort

- a. Compléter le tableau (3 premières lignes et 6 colonnes à compléter).
- b. Quelles sont les relations entre la première fréquence et les suivantes ? Conclure.

2) Unisson de Bohort et d'Arthur

- a. Compléter le tableau (3 premières lignes et 6 colonnes à compléter).
- b. Comparer ce tableau avec celui du 1 et conclure.

3) Quarte inférieure

- a. Compléter le tableau (5 lignes et 7 colonnes à compléter).
- b. Quel procédé est utilisé pour distinguer les notes appartenant à Bohort et à Arthur ?
- c. Quelle fréquence possèdent les deux chanteurs en commun ?
- d. Quel est l'intervalle entre les deux premières notes des chanteurs ? Conclure.

4) Quinte inférieure

- a. Compléter le tableau (5 lignes et 7 colonnes à compléter).
- b. Quel est l'intervalle entre les deux premières notes des chanteurs ? Conclure.

5) Tierce mineure

- a. Compléter le tableau (5 lignes et 8 colonnes à compléter).
- b. Quel est l'intervalle entre les deux premières notes des chanteurs ?
- c. Pourquoi la tierce est-elle qualifiée de mineure ?

III – Résolution de problème : la guitare et ses frettes

Problématique

Comme le montre la photo, pour modifier la hauteur du son émis, le guitariste appuie sur la corde au niveau d'une case de façon à modifier la longueur de la corde utilisée. Des pièces métalliques, nommées frettes, délimitent les cases sur le manche d'une guitare.

Problème

Comment sont positionnées les frettes sur le manche d'une guitare ?

Questions

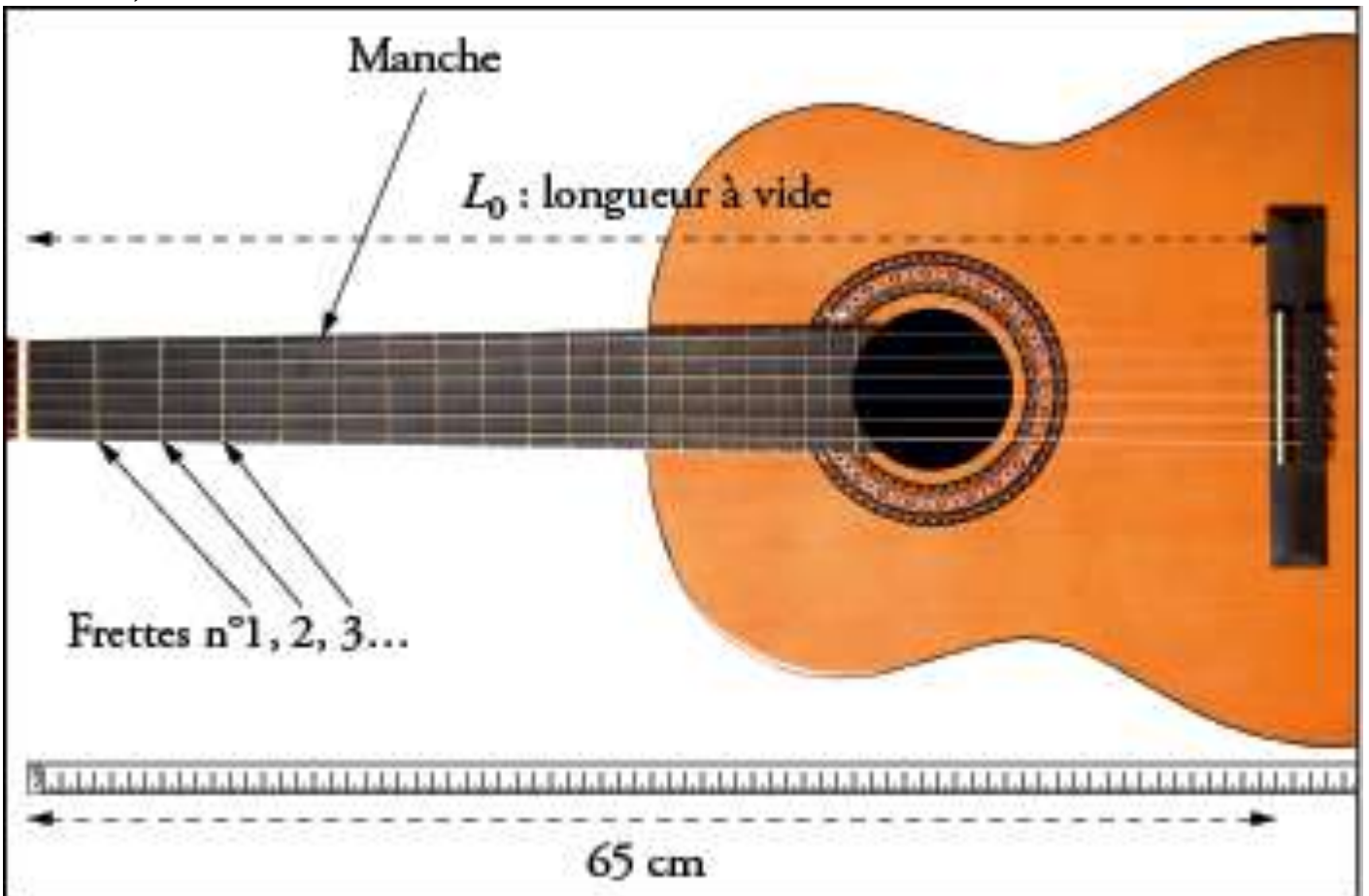
1. En vous aidant du document 1, discuter qualitativement de l'influence de la longueur, de la tension et de la masse par unité de longueur de la corde sur la fréquence du son émis par une corde vibrante.
2. Expliquez qualitativement comment un guitariste passe d'une note jouée *Sol* à la note *La* de la même octave et à l'aide de la même corde.
3. En utilisant les informations contenues dans le document 2, déterminer les fréquences de Do_3 et Do_4 .
4. Prévoir les positions approchées en cm des 4 premières frettes. Effectuer ensuite quelques vérifications simples à l'aide de la photo du document 1.



Document 1 Guitare et corde vibrante

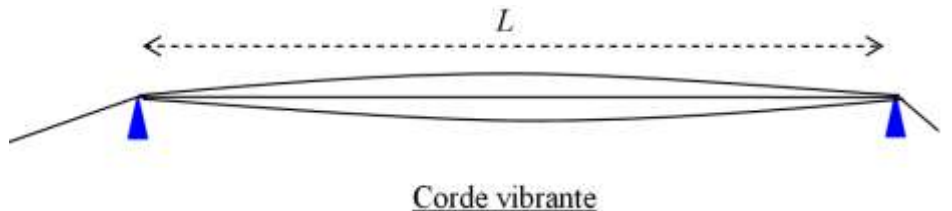
• Description du manche d'une guitare

La photo ci-dessous montre le manche d'une guitare classique. La longueur L_0 d'une corde à vide est de 65,2 cm.



• Corde vibrante

Si l'on considère une corde vibrante maintenue entre ses deux extrémités, la hauteur du son émis dépend de la longueur L de la corde, de sa masse par unité de longueur μ et de la tension T de la corde.



La composition spectrale du son émis est complexe et la fréquence f du fondamental est donnée par la relation : $f = \frac{1}{2L} \sqrt{T/\mu}$

Document 2 La gamme tempérée

- Les notes se suivent dans l'ordre Do, Do#, Ré, Ré#, Mi, Fa, Fa#, Sol, Sol#, La, La#, Si, Do ; un « cycle » correspond à une octave.
- On envisage 10 octaves numérotées de -1 à 8.
- Chaque note d'une gamme est caractérisée par sa fréquence. Par convention, le La₃ (diapason des musiciens) a une fréquence de 440 Hz.
- Le passage d'une note à la note du même nom située à l'octave supérieure multiplie sa fréquence par deux ainsi la fréquence du La₂ est 220 Hz et celle du La₄ de 880 Hz.
- Dans la gamme tempérée, si l'on note f la fréquence de la note Do d'une octave donnée, le rapport de la fréquence d'une note sur la note précédente est égale à $(2)^{1/12} = 1,059$, ce qui donne le tableau suivant pour une octave donnée :

Note	Fréquence	Note	Fréquence
Do	f	Sol	$(2)^{2/12} = 1,498 \times f$
Do#	$(2)^{1/12} = 1,059 \times f$	Sol#	$(2)^{2/12} = 1,587 \times f$
Ré	$(2)^{2/12} = 1,122 \times f$	La	$(2)^{2/12} = 1,682 \times f$
Ré#	$(2)^{2/12} = 1,189 \times f$	La#	$(2)^{2/12} = 1,782 \times f$
Mi	$(2)^{2/12} = 1,260 \times f$	Si	$(2)^{2/12} = 1,888 \times f$
Fa	$(2)^{2/12} = 1,335 \times f$	Do	$(2)^{2/12} = 2 \times f$
Fa#	$(2)^{2/12} = 1,414 \times f$		

- Pour une corde donnée, pour passer par exemple d'un Ré à un Ré#, le guitariste bloque cette corde sur la case située juste en dessous de celle utilisée pour jouer le Ré.

Éléments d'évaluation

Extraire et exploiter l'information	<p><u>Document 1</u> : distance entre les frettes</p> <p><u>Document 2</u> : lien f, L, T et μ</p> <p><u>Document 3</u> : lien f / note dans la gamme tempérée</p> <p>passage d'une note à la suivante par appui sur la case en dessous pour raccourcir la corde</p>
Raisonner	<ul style="list-style-type: none"> - proposition de démarches cohérentes - proposition pertinente de vérifications simples des résultats obtenus - regard critique sur les résultats
Calculer	<ul style="list-style-type: none"> - calculs littéraux corrects - applications numériques correctes
Communiquer	<ul style="list-style-type: none"> - syntaxe des réponses correcte - bonne utilisation des connecteurs logiques (donc, car, or, etc.) - correction orthographique - présentation correcte des résultats (chiffres significatifs, unité)

Barème : exemple

Résolution satisfaisante	Les objectifs fixés par la question sont pour l'essentiel atteints. Les réponses sont argumentées et la démarche suivie est clairement exposée. L'ensemble est correctement rédigé.	2,5
	La réponse intègre la plupart des informations utiles. La démarche suivie est pertinente, clairement exposée, même si elle n'aboutit pas. L'ensemble est correctement rédigé.	2
Résolution partielle	Les informations sélectionnées sont pertinentes au regard de la question, mais peu sont correctement exploitées. Quelques éléments de démarche sont présents. L'ensemble est correctement rédigé.	1,5
	Les informations sélectionnées sont incomplètes ou mal choisies. Il n'y a pas de démarche construite. Les éléments restitués ne sont pas organisés.	1
Aucune résolution	Quelques éléments très simples d'analyse, sans démarche construite.	0,5
	Absence de toute démarche cohérente.	0

La composition spectrale du son émis est complexe et la fréquence f du fondamental est donnée par la relation : $f = \frac{1}{2L} \sqrt{T/\mu}$

Document 2 La gamme tempérée

- Les notes se suivent dans l'ordre Do, Do#, Ré, Ré#, Mi, Fa, Fa#, Sol, Sol#, La, La#, Si, Do ; un « cycle » correspond à une octave.
- On envisage 10 octaves numérotées de -1 à 8.
- Chaque note d'une gamme est caractérisée par sa fréquence. Par convention, le La₃ (diapason des musiciens) a une fréquence de 440 Hz.
- Le passage d'une note à la note du même nom située à l'octave supérieure multiplie sa fréquence par deux ainsi la fréquence du La₂ est 220 Hz et celle du La₄ de 880 Hz.
- Dans la gamme tempérée, si l'on note f la fréquence de la note Do d'une octave donnée, le rapport de la fréquence d'une note sur la note précédente est égale à $(2)^{1/12} = 1,059$, ce qui donne le tableau suivant pour une octave donnée :

Note	Fréquence	Note	Fréquence
Do	f	Sol	$(2)^{2/12} = 1,498 \times f$
Do#	$(2)^{1/12} = 1,059 \times f$	Sol#	$(2)^{2/12} = 1,587 \times f$
Ré	$(2)^{2/12} = 1,122 \times f$	La	$(2)^{2/12} = 1,682 \times f$
Ré#	$(2)^{2/12} = 1,189 \times f$	La#	$(2)^{2/12} = 1,782 \times f$
Mi	$(2)^{2/12} = 1,260 \times f$	Si	$(2)^{2/12} = 1,888 \times f$
Fa	$(2)^{2/12} = 1,335 \times f$	Do	$(2)^{2/12} = 2 \times f$
Fa#	$(2)^{2/12} = 1,414 \times f$		

- Pour une corde donnée, pour passer par exemple d'un Ré à un Ré#, le guitariste bloque cette corde sur la case située juste en dessous de celle utilisée pour jouer le Ré.

Éléments d'évaluation

Extraire et exploiter l'information	<p><u>Document 1</u> : distance entre les frettes</p> <p><u>Document 2</u> : lien f, L, T et μ</p> <p><u>Document 3</u> : lien f / note dans la gamme tempérée</p> <p>passage d'une note à la suivante par appui sur la case en dessous pour raccourcir la corde</p>
Raisonner	<ul style="list-style-type: none"> - proposition de démarches cohérentes - proposition pertinente de vérifications simples des résultats obtenus - regard critique sur les résultats
Calculer	<ul style="list-style-type: none"> - calculs littéraux corrects - applications numériques correctes
Communiquer	<ul style="list-style-type: none"> - syntaxe des réponses correcte - bonne utilisation des connecteurs logiques (donc, car, or, etc.) - correction orthographique - présentation correcte des résultats (chiffres significatifs, unité)

Barème : exemple

Résolution satisfaisante	Les objectifs fixés par la question sont pour l'essentiel atteints. Les réponses sont argumentées et la démarche suivie est clairement exposée. L'ensemble est correctement rédigé.	2,5
	La réponse intègre la plupart des informations utiles. La démarche suivie est pertinente, clairement exposée, même si elle n'aboutit pas. L'ensemble est correctement rédigé.	2
Résolution partielle	Les informations sélectionnées sont pertinentes au regard de la question, mais peu sont correctement exploitées. Quelques éléments de démarche sont présents. L'ensemble est correctement rédigé.	1,5
	Les informations sélectionnées sont incomplètes ou mal choisies. Il n'y a pas de démarche construite. Les éléments restitués ne sont pas organisés.	1
Aucune résolution	Quelques éléments très simples d'analyse, sans démarche construite.	0,5
	Absence de toute démarche cohérente.	0

