**FICHE de PRÉSENTATION d’activités**

|  |  |
| --- | --- |
| ***Niveau***  | ***Première ES*** |
| ***Séquence*** | ***Thème 4 : Son et musique, porteurs d'information******Musique ou l'art de faire entendre les nombres*** |
| ***Titre de l’activité*** | ***La musique est aussi une affaire scientifique*** |
| ***Type d'activité*** | ***Activité documentaire 1h*** |
| ***Références au programme*** | Notions et contenus*En musique, un intervalle entre deux sons est défini par le rapport (et non la différence) de leurs fréquences fondamentales.**Deux sons dont les fréquences sont dans le rapport 2/1 correspondent à une même note, à deux hauteurs différentes. L’intervalle qui les sépare s’appelle une octave.**Une gamme est une suite finie de notes réparties sur une octave.**Dans l’Antiquité, la construction des gammes était basée sur des fractions simples, (2/1, 3/2, 4/3, etc.). En effet, des sons dont les fréquences sont dans ces rapports simples étaient alors considérés comme les seuls à être consonants.**Une quinte est un intervalle entre deux fréquences de rapport 3/2.**Les gammes dites de Pythagore sont basées sur le cycle des quintes.**Pour des raisons mathématiques, ce cycle des quintes ne « reboucle » jamais sur la note de départ. Cependant, les cycles de 5, 7 ou 12 quintes « rebouclent » presque. Pour les gammes associées, l’identification de la dernière note avec la première impose que l’une des quintes du cycle ne corresponde pas exactement à la fréquence 3/2.* | Capacités exigibles*Calculer des puissances et des quotients en lien avec le cycle des quintes.**Mettre en place un raisonnement mathématique pour prouver que le cycle des quintes est infini.* |
| ***Compétences mobilisées***  | * Restituer des connaissances  S’approprier Analyser/raisonner
* Réaliser  Valider  Communiquer
 |
| ***Mise en œuvre*** | Pré-requis: fraction, puissance, racine carrée |
| Durée : 1 heure |
| Contraintes matérielles : aucune |
| *Liens photos* | *Livre Musique et physique de Cherif Zananiri edition Ellispes**Article Les tonalités musicales vues par un mathématicien Michel Broué -juillet 2001**Gamme tempérée de Marcel Délèze**Pour la science Hors série août – septembre « Good Vibrations » 2018 N°100*[*http://mediatheque.citedelamusique.fr/mediacomposite/evenement/temperaments/js/temperaments.html*](http://mediatheque.citedelamusique.fr/mediacomposite/evenement/temperaments/js/temperaments.html)[**http://accromath.uqam.ca/2007/02/la-construction-des-gammes-musicales/**](http://accromath.uqam.ca/2007/02/la-construction-des-gammes-musicales/) |
| *Auteur* | **Caroline.buscema@ac-lyon.fr** |
|  **pour le GRD groupe lycée de l’académie de LYON** |

**Fiche élève : activité**

**La musique est aussi une affaire scientifique**

**Doc.1 Qu’est ce qu’une note ?**

Un son est déterminé par quatre facteurs : sa hauteur (grave ou aigu), son intensité (fort ou faible), sa durée (court ou long) et son timbre ( c’est tout ce qui n’est pas déterminé par les trois autres facteurs, à savoir si c’est un son de piano ou un son de violon). Pour les physiciens ces quatre facteurs se définissent comme hauteur = fréquence qui s’exprime en hertz, son intensité (énergie s’exprimant en joule), le timbre (nombre de pics composant la décomposition de Fourier).

Nombre de notes : Dans la musique occidentale on utilise seulement 12 notes (7 notes de la gamme diatonique (Do Ré Mi Fa Sol La Si plus les 5 altérations ).

**Doc.2 Qu'est-ce qu'un intervalle ?**

La musique est une succession de notes, elle est aussi une succession d'intervalle. **Mais qu'est ce qu'un intervalle ?** Un intervalle est une distance entre deux notes de hauteurs différentes. Le nom de chaque intervalle correspond au nombre de notes qu'il réunit. C'est l'ensemble de ces notes ainsi comptées (y compris la première et la dernière) qui donne son nom à l'intervalle. Exemple 3 notes consécutives se nomme une tierce, 4 notes un quarte, puis une quinte, ….Quand on énonce un intervalle , on a l'habitude de n'indiquer que les notes extrêmes. Exemple la quinte Do-Sol (pour do, ré, mi, fa, sol). L'intervalle entre deux notes consécutives s'exprime en ton ou demi-ton et correspond au rapport des fréquences de ces notes.

**Doc.3 Qu’est ce qu’une gamme ?**

Lorsqu’on émet la succession de notes par hauteurs croissantes, la même mélodie se reproduit à chaque intervalle d’octave. A l’intérieur d’un intervalle d’octave, la succession des notes s’appelle la gamme. Les gammes permettent d’organiser/structurer les notes à l’intérieur d’une octave.

lorsqu’on joue plusieurs notes successives ou plus encore quand on les joue simultanément, l’oreille est sensible aux rapports qui existent entre ces notes. Quand le rapport mathématique des deux notes est simple, l’oreille le sent. Et plus ce rapport est simple, plus l’oreille trouve que les deux notes sont liées l’une à l’autre. Les rapports les plus simples ont reçu des noms :

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Rapport de fréquence f’/f** | **Nombre de notes** | **Exemple de notes** | **Nom**  |
| 2/1 | 8 | Do - Do | Octave |
| 3/2 | 5 | Do – Sol | Quinte |
| 4/3 | 4 | Do – Fa | Quarte |
| 5/4 | 3 | Do – Mi | Tierce majeure |
| 6/5 | 3 | Do - Mib | Tierce mineure |

Tableau 1

**Doc.4 Comment l’oreille effectue-t-elle ce calcul ?**

L’oreille ne calcule pas, elle reconnaît ! Elle reconnaît dans les harmoniques (vibrations de fréquences d’un multiple entier de la fréquence initiale) de la note 2 un certain nombre d’harmoniques déjà présents dans celle de la note 1. Plus les deux notes ont d’harmoniques communs, plus les deux notes semblent liées. Or, plus le rapport mathématique liant les deux notes est simple, plus le nombre d’harmoniques communs est élevé. Par exemple, tous les harmoniques de 1000Hz ( à savoir 2000Hz, 3000 Hz, 4000Hz, etc,,,) sont des harmoniques de 500Hz, Par contre, entre 500Hz et 600Hz , le premier harmonique commun est 3000Hz, assez éloigné et donc assez peu discernable. Du coup les notes sembleront peu liées. On voit que l’oreille travaille comme un mathématicien en recherchant constamment le PGCD et le PPCM.

***Point Maths***

Dans le monde des fréquences, la distance se mesure par une division et non par une soustraction, Par exemple il y a la même distance entre 50 et 100 Hz qu’entre 2000Hz et 4000Hz : la distance d’une octave.

**Doc.5 Approche historique des gammes**

**Pythagore** était convaincu que tout phénomène pouvait être expliqué uniquement par les nombres, en particulier les petits nombres naturels. Il fût le premier à établir les quatre consonances fondamentales de la gamme musicale que sont l'unisson (de rapport 1/1), l'octave (2/1), la quinte (3/2) et le quarte (4/3).

**La gamme diatonique de Pythagore** utilise la quinte de proche en proche pour définir les fréquences de notes. Cela signifie que l'on part de la fréquence d'une note fondamentale que l'on multiplie par 3/2 la quinte. Le fait de multiplier par 3/2 va parfois faire sortir la note de l'intervalle [1;2]. Dans ce cas il suffit de diviser par 2 la fréquence autant de fois que nécessaire pour la ramener dans l'intervalle [1:2].

Application : détermination des fréquences de la gamme de fréquence de référence 1 pour un intervalle de quinte :

u0=1 ; $u\_{1}=1×\left(\frac{3}{2}\right)^{1}=\frac{3}{2}$ ; $u\_{2}=1×\left(\frac{3}{2}\right)^{2}=\frac{9}{4}normalisée{\frac{9}{4}}/{2}=\frac{9}{8}$ ; $u\_{3}=1×\left(\frac{3}{2}\right)^{3}=\frac{27}{8}normalisée{\frac{27}{8}}/{2}=\frac{27}{16}$ ; $u\_{4}=1×\left(\frac{3}{2}\right)^{4}=\frac{81}{16}normalisée{\frac{81}{16}}/{2^{2}}=\frac{81}{64}$ ;

$u\_{5}=1×\left(\frac{3}{2}\right)^{5}=\frac{243}{32}normalisée{\frac{243}{32}}/{2^{2}}=\frac{243}{128}$…..on pourrait définir un nombre très élevé de notes...

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Notes | do | ré | mi | fa |  | sol |  | la |  | si |  | do |
| intervalles |  9/8 |  9/8 |  | 256/243 |  | 9/8 |  | 9/8 |  | 9/8 |  | 256/243 |  |

Tableau 2 . gamme diatonique de Pythagore

Afin de limiter le nombre de notes, les Pythagoriciens auraient fait une analogie avec le nombre d'astres connus à l'époque :7 en annonçant que les astres émettent des sons en se déplaçant : l'harmonie des sphères était née, carrefour entre religion, astronomie, musique et mathématiques jusqu'à la renaissance.

Cependant cette gamme diatonique à 7 notes (Do, Ré,Mi, Fa, Sol, La, Si) a une limitation puisqu’il existe deux intervalles (ton et demi-ton) et non un seul. Ceci ne permet pas la **transposition** c'est à dire que si l'on souhaite augmenter par exemple d'un demi-ton (intervalle) chaque note, ces dernières ne vont pas toutes retomber sur des notes existantes de la gamme. Cette gamme de Pythagore aussi appelée gamme naturelle, fut utilisée de l'Antiquité jusqu'au 16 siècle.

**Autre gamme : Zarlino** (compositeur Italien) proposa au 16ème siècle une autre gamme quelque peu différente de celle de Pythagore

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Notes | do |  | ré |  | mi |  | fa |  | sol |  | la |  | si |  | do |
| intervalles |  | 9/8 |  | 10/9 |  | 16/15 |  | 9/8 |  | 10/9 |  | 9/8 |  | 16/15 |  |

Tableau 3 . gamme de Zarlino

Cette gamme présente le même inconvénient que celle de Pythagore puisque ses intervalles ne sont pas égaux. De nombreux savants s'emparèrent de ce problème mais c'est Simon Stevin qui proposa la gamme tempérée reprise et utilisée par la suite par Jean-Sébastien Bach (1685-1750). De nos jours encore cette une gamme tempérée (un seul intervalle) est toujours utilisée.

**Questions portant sur les documents de 1-5**

1. Que signifie deux notes harmonieuses ?
2. Quel est le rapport de fréquences entre deux notes séparées d'une octave, d'une quinte ?
3. Pour quelle raison les Pythagoricien ont fixé le nombre de notes à 7 ?
4. Quelle position occupe une note à la quinte d'une première note ?
* Vérifier que votre réponse est en accord avec le document ci-dessous.



1. Calculer les fréquences des notes du Tableau 1 pour un une note de référence Do3 (fDo3= 264Hz)
2. Proposer un accord harmonieux composé de trois notes en justifiant votre choix.
3. Quel inconvénient majeur présentait les premières gammes ?

**Différenciation : Présenter sous forme d'un oral et à l'aide des documents pourquoi la musique peut-elle être considérée comme une science. Vous expliquerez les notions de gammes, intervalles en vous basant sur la gamme de Pythagore.**

**Fiche professeur**

**Questions portant sur les documents de 1-5**

1. Que signifie deux notes harmonieuses ?

*Des notes dont le rapport de fréquences est simple comme 2 , 3/2…*

*C’est à dire des notes qui ont beaucoup d’harmoniques en commun .*

1. Quel est le rapport de fréquences entre deux notes séparées d'une octave, d'une quinte ?

D’après le tableau 1 le rapport de fréquences entre deux notes séparées d’une octave est de de 2 , et de 1,5 pour une quinte .

1. Pour quelle raison les Pythagoricien ont fixé le nombre de notes à 7 ?

En raison des 7 astres connus à l’époque.

1. Quelle position occupe une note à la quinte d'une première note ?

La 5eme position

* Vérifier que votre réponse est en accord avec le document ci-dessous.



1. Calculer les fréquences des notes du Tableau 1 pour un une note de référence Do3 (fDo3= 264Hz).

|  |  |
| --- | --- |
| Gamme | Fréquences |
| octave | fDo3 = 264HzfDo4= 264\*2=  |
| quinte | fDo3 = 264Hzfsol5 = 264\*3/2= |
| quarte | fDo3 = 264Hzffa5= 264\*4/3 |
| Tierce majeure | fDo3 = 264HzfMi=264\*5/4 |
| Tierce mineure | fDo3 = 264HzfMib=264\*6/5 |

1. Proposer un accord harmonieux composé de trois notes en justifiant votre choix.

Toutes solutions dont les notes respectent le même intervalle soit pour une quinte : Do, Sol, ré

accord de quarte : Do, Fa, Si

1. Quel inconvénient majeur présentait les premières gammes ?

L’intervalle n’est pas constant

**Différenciation : Présenter sous forme d'un oral et à l'aide des documents pourquoi la musique peut-elle être considérée comme une science. Vous expliquerez les notions de gammes, intervalles en vous basant sur la gamme de Pythagore.**