
A.M.E.A.

TP : Gamme Naturelle, Gamme de Pythagore et Gamme Tempérée

L'objectif de ce TP est de générer deux systèmes de gamme et de comparer leur "harmonie" relative. Il est vous est demandé de réaliser un script matlab générant deux systèmes de gamme :

- la gamme de Pythagore
- la gamme tempérée

et de "tester" plusieurs de leur caractéristiques esthétiques.

Pour mémoire, la correspondance entre la notation latine et la notation germanique est la suivante : Do-C / Ré-D / Mi-E / Fa-F / Sol-G / La-A / Si-B.

1 Jouer un son élémentaire sous Matlab

Vous allez tout d'abord écrire une fonction Matlab permettant de construire un son triangulaire de fréquence f et de durée T (un signal triangulaire possède des harmoniques et se prête donc bien à des tests de consonance). Cette fonction sera utilisée dans la partie suivante. Dans toute la suite vous utiliserez $f_e = 44100$ comme fréquence d'échantillonnage, et 16 bits de quantification (ce sont les valeurs standard de la fonction "sound").

```
function y=creerTriangle(f, T)
% creerTriangle retourne un tableau d'échantillons sonore contenant un
% signal triangulaire de duree T et de frequence f.
%
if nargin<2,
    T=1; % valeur par defaut si un seul argument est présent
end
%
% partie à compléter par vos soins
% indication : on peut partir de y[n] = sin(2 pi n f/fe)
% puis utiliser la fonction sgn(x) pour transformer le sinus
% en signal carré, et enfin intégrer pour transformer le carré
% en triangle...
% ...
end % fin de fonction
```

Pour tester votre fonction, utiliser la fonction "sound" qui envoie un tableau d'échantillons sonores vers la carte son. Pensez également à visualiser régulièrement votre signal avec "plot", on a parfois des surprises!

Pour avoir de l'aide sur une fonction, faire `help sound` par exemple. Attention également à régler le volume sonore AVANT de placer le casque sur vos (fragiles) oreilles...

Une fois que votre fonction est opérationnelle, vous pouvez passer à la suite.

2 Jouer des accords sous Matlab

Dans la suite vous aurez besoin de jouer des accords de 2, 3 voire 4 notes. Vous allez donc écrire une fonction `jouerAccord` prenant en arguments un tableau de fréquences et une durée, et permettant de jouer une superposition de sons élémentaires à ces différentes fréquences. Vous utiliserez bien entendu la fonction de la partie précédente. Le prototype est indiqué ci-dessous (exemple d'utilisation : `jouerAccord([440 660 880], 4)` jouera un accord majeur). On respectera la forme suivante (commentaires compris!) :

```
function jouerAccord(freqTab, T)
% jouerAccord joue un accord composé des fréquences contenues dans
% freqTab pendant T secondes. T est optionnel (1 sec par défaut).
%
if nargin<2,
    duree=1; % valeur par défaut si un seul argument est présent
end

if size(freqTab) == 0,
    error('Tableau freqTab de taille nulle');
end

%
% partie à compléter par vos soins : générer un signal triangulaire
% pour chaque fréquence freqTab[i] et sommer tous les signaux
% dans un tableau d'échantillons à jouer via la fonction "sound"
%

end % fin de fonction
```

3 Consonance et gamme naturelle

L'octave est définie comme l'intervalle entre deux sons de fréquences f_1 et f_2 telles que $f_2/f_1 = 2$. Calculer la position fréquentielle des harmoniques de chacun des deux sons en fonction de f_1 , et identifier leur harmoniques communes. Quelle proportion d'harmoniques ont-ils en commun ? Ecouter l'accord à deux notes (ou *diade*) correspondant. Pour l'application sonore, on prendra $f_1 = 261,63Hz$ qui correspond au DO/C.

Faire de même pour les intervalles suivants et comparer leur consonance respective.

Enfin, écouter quelques accords à trois et quatre notes (respectivement "triades" et "accords de septième") et comparer leur consonance subjective en fonction du nombre d'harmoniques partagées par les trois (ou quatre) sons constitutifs :


— l'accord parfait majeur DO/MI/SOL

intervalle	exemple	f_2/f_1
quinte juste	DO-SOL	$3/2$
tierce juste (ou majeure)	DO-MI	$5/4$
tierce mineure	DO-MI \flat	$6/5$
quarte	DO-FA	$4/3$
septième mineure	DO/SI \flat	$9/5$
septième majeure	DO/SI	$15/8$

FIGURE 1 – Quelques diades courantes et les rapports de fréquence dans la gamme naturelle

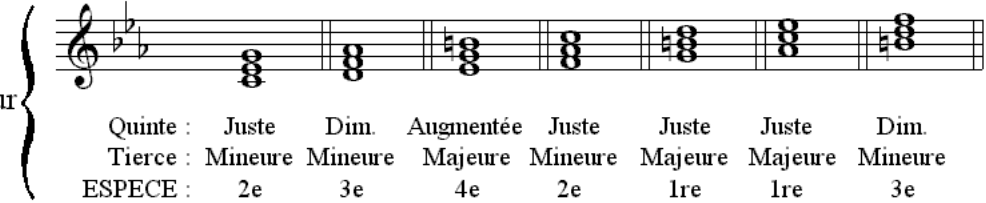
	Degré :	I	II	III	IV	V	VI	VII
--	---------	---	----	-----	----	---	----	-----

Do majeur



Quinte : Juste Juste Juste Juste Juste Juste Dim.
Tierce : Majeure Mineure Mineure Majeure Majeure Mineure Mineure
ESPECE : 1re 2e 2e 1re 1re 2e 3e

Do mineur



Quinte : Juste Dim. Augmentée Juste Juste Juste Dim.
Tierce : Mineure Mineure Majeure Mineure Majeure Majeure Mineure
ESPECE : 2e 3e 4e 2e 1re 1re 3e

FIGURE 2 – Quelques triades courantes

- l'accord parfait mineur DO/MI \flat /SOL
- l'accord de septième de dominante DO/MI/SOL/SI \flat

4 Gamme de Pythagore

La gamme de Pythagore est construite à partir du cycle des **quintes** : partant d'une note de référence, en l'occurrence un DO à 261.26 Hz, calculer les fréquences des différentes notes de cette gamme via la procédure suivante :

- multiplier la fréquence de la note précédente dans la gamme par $3/2$ (=une quinte).
- diviser par 2 autant de fois qu'il est nécessaire pour ramener cette fréquence dans l'octave de départ, i.e., entre 440 et 880 Hz.

Le cycle des quintes correspond à la suite de notes suivantes : DO \rightarrow SOL \rightarrow RE \rightarrow LA \rightarrow MI \rightarrow SI \rightarrow FA \sharp \rightarrow DO \sharp \rightarrow SOL \sharp \rightarrow RE \sharp \rightarrow LA \sharp \rightarrow FA (ce FA est en réalité un MI \sharp) \rightarrow DO (ce DO se trouvant à l'octave du tout premier).

Le rapport r entre la fréquence du DO de départ et celle du DO d'arrivée après le parcours du cycle peut se calculer de deux manières : on a parcouru soit 12 quintes, soit 7 octaves. **Les deux calculs aboutissent à des résultats différents, lesquels ?**

Une fois l'ensemble des fréquences calculées, triées par ordre croissant et placées dans un tableau "gammePythagore", jouer les notes de la gamme pour vérification. Estimer l'*harmonie* des accords suivants :

- octave : premier DO (à 261.26 Hz) et DO à l'octave (dernière note de la gamme). Comparer avec une octave juste (rapport de 2 des fréquences). Une bonne technique de comparaison consiste à jouer simultanément les deux notes "proches" en fréquence et à écouter l'éventuel battement.
- quinte : DO et SOL
- tierce : DO et MI; pour cet accord, comparer avec une tierce naturelle, i.e., telle que le rapport des fréquences entre DO et MI vaille $5/4$ (même technique du battement que précédemment).
- quarte : DO et FA.

Pour la suite, il peut être utile de calculer le rapport des fréquences correspondant à un demi-ton (dit demi-ton diatonique, par exemple SI-DO) et à un ton (par exemple, DO-RE). Un demi-ton est un intervalle entre deux notes successives de la gamme. **Q : deux demi-tons diatoniques font-ils un ton ?** Comparer avec le cas du demi-ton chromatique (entre une note et sa version diésée, par exemple LA et LA \sharp).

5 Gamme tempérée

Dans cette gamme inventée par Bach ("le clavier bien tempéré"), les demi-tons valent tous $2^{1/12}$. Reprendre la démarche précédente avec cette gamme (cette fois, nul besoin de trier les fréquences, elles le sont naturellement par construction).

Tracer le rapport entre les fréquences de la gamme tempérée et celles de la gamme de Pythagore : quels notes de la gamme tempérée sont les mieux approximées par la gamme tempérée ?

Comparer l'harmonie des intervalles DO-SOL, DO-MI et DO-FA avec celle de la gamme de Pythagore ainsi qu'avec les intervalles "naturels" (partie 3). Commenter en particulier le cas de la tierce (vs tierce naturelle).