

# *Aplicatie Web pentru generarea automata de partituri*



*Panaite Andra – Nicoleta*

*Panduriță Gabriel*

*Grupa: 332AB*

*Link video prezentare : <https://youtu.be/GIsiKEPk5kQ>*



Facultatea de Automatica si Calculatoare, Universitatea POLITEHNICA Bucuresti

# *Cuprins*

<i>Introducere .....</i>	<i>3</i>
<i>Prezentare generala.....</i>	<i>4</i>
<i>Prezentare tehnica .....</i>	<i>6</i>
<i>Prezentare mod de utilizare .....</i>	<i>10</i>
<i>Concluzii .....</i>	<i>16</i>
<i>Referinte Bibliografice .....</i>	<i>17</i>

# Introducere

Sunetul face parte din viața noastră, fiind prezent în tot ceea ce ne înconjoară. De la o simplă ciocnire a două obiecte, până la concerte simfonice, toate acestea reprezintă sunete fără de care nu ne-am putea imagina viața. Sunetul este o metodă de a transmite informație asemenea textului și a imaginilor, însă spre deosebire de acestea sunetul este perceput și interpretat de om fără niciun efort suplimentar. Această metodă de a transmite informație este puternic afectată de capacitatea organului de auz și nu poate fi la fel de ușor întreruptă precum simpla închiderea ochilor în cazul în care nu se dorește transmiterea acelei informații. În cazul informației transmise prin intermediul sunetului, aceasta ajunge la noi chiar dacă poate să fie neplăcută sau chiar daunătoare pentru urechea umană.

Sunetul este definit în DEX [3] ca fiind o „Vibrație a particulelor unui mediu elastic ce poate fi înregistrată de ureche”. În lucrarea [1] se regăsește definiția “Sunetul este o undă propagată prin diferențe de presiune, se poate propaga numai printr-un mediu (solid, lichid sau gazos), iar undele sale oscilează longitudinal, pe direcția de propagare.” Asadar, putem afirma că sunetul este o undă produsă de vibrația particulelor ce se poate propaga doar printr-un mediu solid, lichid, gazos și nu prin vid.

Sunetul se poate caracteriza prin: frecvență, amplitudine, lungimea de undă și perioada de timp.

Frecvența este numărul de vibrații complete pe care le execută o particulă în unitatea de timp. Frecvența sunetelor se află în strânsă legătură cu înălțimea sunetului. Oamenii pot percepe sunete cu frecvențe cuprinse între 20 Hz și 20 kHz, iar în cazuri excepționale, aceste limite pot fi depășite. Sunetele cu o frecvență mai mică de 20 Hz se numesc infrasunete, iar cele cu frecvență mai mare de 20 kHz se numesc ultrasunete.

Notele muzicale sunt sunete a căror frecvență fundamentală este bine cunoscută. Acestea sunt opt la număr și se pot regăsi la diferite frecvențe în funcție de octavă în care acestea sunt reprezentate. În „Figura 1” se pot regăsi notele muzicale și frecvențele lor fundamentale în funcție de octavă în care se află.

	C	C#	D	E $\flat$	E	F	F#	G	G#	A	B $\flat$	B
0	16.35	17.32	18.35	19.45	20.60	21.83	23.12	24.50	25.96	27.50	29.14	30.87
1	32.70	34.65	36.71	38.89	41.20	43.65	46.25	49.00	51.91	55.00	58.27	61.74
2	65.41	69.30	73.42	77.78	82.41	87.31	92.50	98.00	103.8	110.0	116.5	123.5
3	130.8	138.6	146.8	155.6	164.8	174.6	185.0	196.0	207.7	220.0	233.1	246.9
4	261.6	277.2	293.7	311.1	329.6	349.2	370.0	392.0	415.3	440.0	466.2	493.9
5	523.3	554.4	587.3	622.3	659.3	698.5	740.0	784.0	830.6	880.0	932.3	987.8
6	1047	1109	1175	1245	1319	1397	1480	1568	1661	1760	1865	1976
7	2093	2217	2349	2489	2637	2794	2960	3136	3322	3520	3729	3951
8	4186	4435	4699	4978	5274	5588	5920	6272	6645	7040	7459	7902

**Figura 1.** Frecvențele fundamentale ale notelor muzicale

Amplitudinea sunetelor reprezinta cat de puternic sau slab este redat un sunet. Aceasta face referire la valoarea maxima pe care oscilatia o atinge fata de pozitia de echilibru.

Lungimea de unda este distanta dintre doua oscilatii consecutive.

Perioada de timp reprezinta timpul in care se efectueaza o oscilatie completa.

Folosind informatiile de mai sus, s-a realizat o aplicatie web ce preia sunetele introduse de utilizator, le prelucreaza si calculeaza frecventa fundamentala a acestora, urmand sa le identifice cu o nota muzicala din octava potrivita. Recunoasterea notelor muzicale s-a efectuat conform tabelului prezentat in “Figura 1”, fiind apoi transcrise si incadrate corespunzator pe portativ, generandu-se partitura aferenta colectiei de sunete redade.

## *Prezentare generala*

Aplicatia realizata are ca scop realizarea unei partituri muzicale ce este generata in mod automat dupa prelucrarea sunetelor redade de utilizator. Dupa generarea partiturii, aceasta este afisata pe ecran si exista posibilitatea de a fi descarcata in format PDF. De asemenea, se poate descarca si melodia inregistrata de utilizator si aferenta partiturii, cat si audierea acesteia prin intermediul aplicatiei fiind evidentiata nota curenta de pe partitura.

Cateva aplicatii similare deja existente sunt: Sibelius [\[5\]](#), Musescore [\[6\]](#) si AnthemScore 4 [\[7\]](#).

Sibelius este un software dedicat publicului larg, dar in special compozitorilor. Acest software complex permite actiuni diverse precum aranjarea notelor, introduse de utilizator, intr-o partitura completa si corecta, cat si recunoasterea notelor redade prin intermediul unui fisier MIDI si pozitionarea lor pe o partitura.

Notele muzicale pot fi introduse manual de utilizator, recunoscute prin intermediul unui fisier MIDI sau prin intermediul fisierelor de tip MusicXML. Notele obtinute sunt pozitionate pe partitura, apoi sunt adaugate elemente muzicale precum cheia muzicala corespunzatoare, masura aferenta melodiei dorite si stilizarea partiturii dupa bunul plac.

De asemenea, Sibelius Software permite redarea melodiei sau a unei anumite parti selectate de utilizator pentru a realiza un anumit acompaniament pentru creatia muzicala initiala. Optiunea de redare a melodiilor permite redarea acestora pe diverse instrumente, cat si ajustarea tempo-ului.

Sibelius nu este un software gratuit, o alternativa a acestuia fiind Musescore. Aplicatia Musescore este similara cu Sibelius. Aceasta permite crearea si editarea partiturilor muzicale atat manual prin introducerea de elemente grafice ce reprezinta nota muzicala dorita si aranjamente necesare partiturii, cat si prin intermediul unui pian virtual ce este figurat pe ecran. Prin apasarea clapelor pianului virtual, nota redada se v-a figura in mod automat pe

partitura. Acest pian este menit sa inlocuiasca utilizarea unui tastaturi MIDI, deoarece aplicatia permite si utilizarea fizica a unei astfel de tastaturi.

Tastaturile MIDI sunt instrumente fizice, asemanatoare unui pian ce permit producerea unor fisiere MIDI intr-un mod facil. Acest tip de tastaturi sunt compatibile cu dispozitive MIDI si ofera drept iesire un fisier MIDI ce face posibila redarea secventei de note introduse de utilizator.

Formatul MIDI este format popular in lumea muzicala. Denumirea integrala a acestuia este "Musical Instrument Digital Interface". Acest tip de fisier este folosit pentru a reda sunete produse de instrumente muzicale si pentru a putea realiza in mod rapid conexiunea calculatoarelor cu diverse instrumente muzicale electronice. Fisierile de tip MIDI nu contin sunete, ci contin instructiuni necesare redarii sunetelor preluate de la instrumentele muzical.

Aplicatia AnthemScore 4 permite recunoasterea notelor redade de utilizator prin intermediul conceptului de Machine Learning. Notele recunoscute sunt transcrise in mod automat pe partitura. Aplicatia ofera detectia automata atat a notei muzicale cat si a duratei acesteia, modificarea tempo-ului, auditia secventelor muzicale redade de diverse instrumente si rearanjarea ulterioara a partiturii dupa preferinta utilizatorului. De asemenea, este posibila redarea secventei muzicale si a spectrului acestuia pentru o experienta visual-auditiva cat mai buna.

Utilizatorul poate introduce fisiere de tip MP3, WAV sau alte formate consacrate si poate descarca partitura obtinuta in format PDF, MIDI sau XML.

Asadar, pornind de la functionalitatile aplicatiilor prezentate mai sus, s-a dorit implementarea unei aplicatii web ce permite recunoasterea notelor muzicale si generarea in mod automat a unei partituri muzicale. Notele redade de utilizator sunt inregistrate rand pe rand, iar la finalul secventei de note se va apasa un buton ce conduce utilizatorul catre partitura aferenta. Aplicatia dezvoltata ofera posibilitatea de descarcare si denumire a partiturii obtinute in format PDF, de descarcare a melodiei in format WAV si redarea melodiei cu evidentiarea notei curente prin intermediul unui element grafic.

Pentru descarcarea documentelor obtinute s-au utilizat formaturile PDF si WAV, acestea fiind printre cele mai utilizate in mod general.

Formatul WAV (Waveform Audio File Format) a fost dezvoltat de compania Microsoft si are la baza standardul RIFF. Așa cum este prezentat in [8], acest format contine sunet necomprimat si are dimensiuni mai mari fata de formatul MP3. Acesta ofera o calitate buna a sunetului si poate fi comprimat pentru a avea dimensiuni reduse.

Formatul PDF (Portable Document Format) este destinat documentelor si a fost lansat in anul 1990 de catre compania Adobe. In prezent acesta este unul dintre cele mai utilizate formate. Așa cum se regaseste in [9], formatul PDF este unul permisiv, independent de platforma si se poate deschide cu usurinta in navigatoarele web uzuale precum Google Chrome sau Safari, motiv pentru care a fost ales in dezvoltarea acestei aplicatii.

În cele ce urmează, se va oferi o descriere amănunțită a aplicației realizate, detalii tehnice despre aceasta, dar și aportul fiecărui membru al echipei în dezvoltarea acesteia.

## *Prezentare tehnica*

Această aplicație a fost dezvoltată sub forma de aplicație web, iar pentru dezvoltarea ei s-au folosit resurse după cum urmează: pentru dezvoltarea FRONTEND s-a utilizat HTML, CSS și JavaScript, pentru procesarea și recunoașterea sunetelor s-a utilizat MATLAB, iar pentru dezvoltarea BACKEND s-a utilizat PHP.

Acest proiect a fost realizat în echipă, astfel implementarea s-a divizat și împartit în mod egal între cei doi membrii ai echipei astfel:

Pandurita Gabriel a implementat funcțiile MATLAB ce permit înregistrarea, prelucrarea, redarea și recunoașterea notelor muzicale și instalarea și configurarea server-ului WEB și server-ului MATLAB pentru a permite rularea de scripturi intra-server. De asemenea, a implementat și integrat aplicația client pe baza de Java ce formulează cererile client-server adresate serverului MATLAB.

Panaite Andra – Nicoleta a realizat generarea partiturii pe baza notelor muzicale regasite ca rezultat al funcției MATLAB prezentată mai sus, dar și proiectarea și implementarea interfeței grafice și a funcționalităților utilizator-aplicație ale website-ului, folosind HTML, CSS, Javascript și PHP. De asemenea, a realizat elementele de grafică ale aplicației (logo, note, butoane, etc) și a realizat planul de dezvoltare al aplicației, documentând amănunțit bazele teoretice necesare realizării acesteia.

Partea de dezvoltare BACKEND a fost realizată de ambii membrii ai echipei, utilizând PHP, implementându-se funcționalitățile dinamice ale paginilor web. În cele ce urmează se va prezenta o descriere tehnică detaliată a aplicației dezvoltate. Fiecare membru al echipei, va detalia implementările proprii.

Pentru un timp de răspuns cât mai bun al funcționalităților ce utilizează MATLAB (atât procesarea și interpretarea de sunet cât și gestiunea acestora), dar și pentru a putea integra funcții MATLAB la nivel de server web, a fost utilizat produsul „MATLAB Production Server” de la MathWorks ce se poate găsi la [\[10\]](#). Acesta acceptă cereri (consecutive sau simultane) venite din partea aplicației client, fiind mereu pregătit să trateze aceste cereri. În acest mod, timpul de execuție total este redus foarte mult. Aplicația client este realizată în Java, și face legătura între aplicația web (server-ul web) și server-ul MATLAB. Aceasta reprezintă o colecție de clase parametrizate, fiecare reprezentând o anumită funcție MATLAB ce trebuie rulată pe server. Clasa este construită folosind parametrii de intrare ce vin din aplicația web, formulează și trimite o cerere către server-ul MATLAB, colectează răspunsul funcției și îl transmite înapoi către aplicația web.

In continuare, va fi prezentata modalitatea de procesare a sunetelor in MATLAB.

Primul pas este inregistrarea sunetului redat de utilizator, oferindu-se un timp de inregistrare de 2 secunde pentru a reda nota aleasa. Sunetul este transmis catre placa audio prin intermediul unui input audio (de exemplu: microfonul) .

In continuare, se extrag datele audio din inregistrare si sunt puse intr-o matrice de sunet, folosind functia **getaudiodata**. Matricea va fi folosita pentru a estima frecventa fundamentala a sunetului, folosind functia **pitch**. Estimarea este realizata la fiecare moment de timp, folosind algoritmul **PEF**(Pitch Estimation Filter) asa cum este detaliat in [11]. Algoritmul combina compresia de amplitudine neliniara, folosita pentru a atenua componentele de zgomot cu banda ingusta, cu un filtru de tip piepten aplicat pe spectrul semnalului si al carui raspuns la impuls este ales in asa fel incat sa atenueze neted variatia componentelor de zgomot. Vor fi extrase doar frecventele din domeniul notelor muzicale.

In final, folosind **Teorema Valorii Finale** ce a fost studiata si detaliata in cadrul cursului de Semnale si Sisteme [2] , se calculeaza valoarea frecventei fundamentale ca fiind momentul in care iesirea ajunge in regim stationar (altfel spus, sunetul ajunge la armonica).

Folosind valoarea frecventei fundamentale calculate, se poate obtine pozitia notei muzicale din „**Figura 1**” utilizand urmatoarea formula:

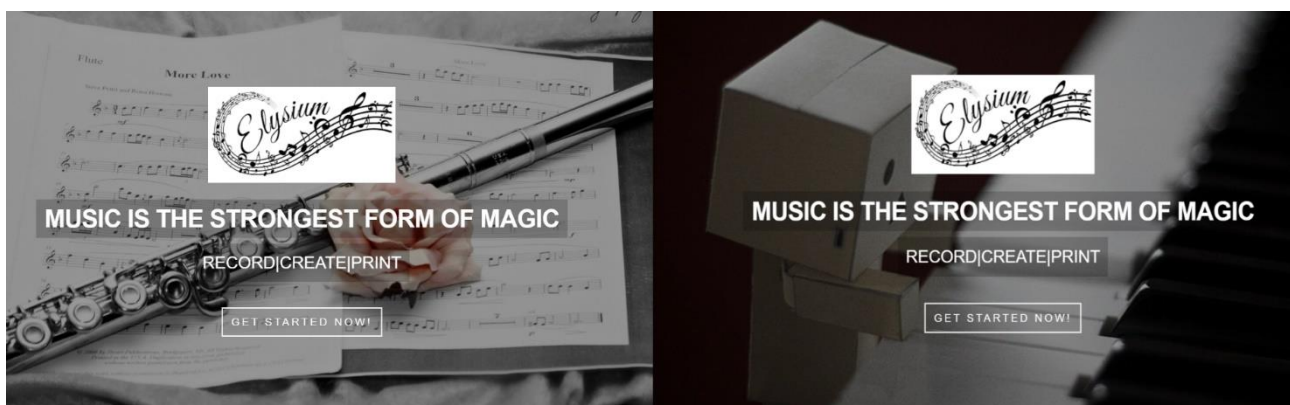
$$n = \text{ceil}(39.86 * \log(\frac{f}{440}) + 49) - 1$$

In cele ce urmeaza, se va detalia implementarea interfetei grafice si a unor functionalitati specifice acesteia.

Aplicatia dezvoltata contine trei pagini web. Prima pagina a aplicatiei este una introductiva ce ofera utilizatorului o scurta descriere a functionalitatilor oferite. Urmatoarea pagina este cea in care utilizatorului i se permite sa inregistreze sunetele ce urmeaza sa fie prelucrate ulterior. Ultima pagina a aplicatiei este pagina in care este generata partitura si in care utilizatorul dispune de diferite functionalitati precum descarcarea partituri generate in format PDF, descarcarea melodiei inregistrate in format WAV, redare melodiei cu marcarea notei curente si posibilitatea de denumire a partituri.

Prima pagina a aplicatiei contine un buton ce ne conduce catre pagina de inregistrare a sunetelor, un logo al aplicatiei, cateva elemente grafice pentru a familiariza utilizatorul cu aplicatia si a unei galerii de imagini ce face aceasta pagina mai interactiva. Succesiunea de imagini de pe prima pagina se poate regasi in „**Figura 2**”.





**Figura 2.** Tranzitie de imagini de pe prima pagina a aplicatiei

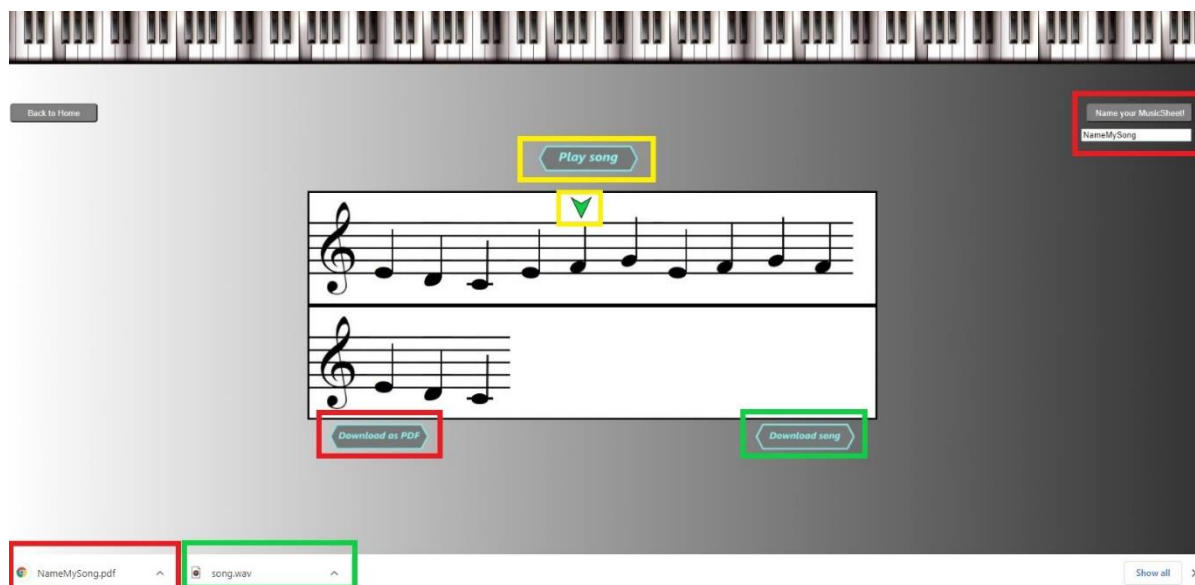
Functionalitatea butonului „GET STARTED” a fost implementata cu ajutorul limbajului PHP si permite redirectionarea catre pagina in care se permite inregistrarea sunetelor de catre utilizator. Tematica prezentata pe prima pagina a aplicatiei s-a mentinut si pe celelalte pagini ale acesteia prin integrarea de elemente grafice specifice.

Pe cea de-a doua pagina s-au integrat cateva elemente grafice pentru a face aplicatia mai atractiva pentru utilizator si s-a implementat functionalitatea pentru trei butoane si un element grafic interactiv. In partea din stanga sus s-a realizat un buton in forma de sageata a carui functionalitate a fost implementata cu ajutorul HTML si permite revenirea la pagina precedenta. Functionalitatea butonului de „Record” a fost implementata folosind PHP si acesta permite executarea functiei MATLAB de recunoastere a sunetelor. Dupa fiecare apasare a butonului „Record” se incepe executia functiei MATLAB, iar acest lucru este marcat printr-un element grafic interactiv. Acest element grafic este reprezentat printr-un cerc ce devine verde in momentul in care se incepe inregistrarea sunetului, la finalizarea executiei functiei MATLAB, pagina este reincarcata, acest cerc redevine rosu si pe ecran apare numarul curent de note inregistrate de aplicatie. In momentul in care elementul grafic devine verde, pe ecran apare si un mesaj care sa indice utilizatorului ce trebuie sa faca. Functionalitatea elementului grafic a fost implementata cu ajutorul limbajului JavaScript.

Functionalitatea butonului „Generate Music Sheet” este cea care face posibila generarea automata a partiturii. Acest lucru s-a implementat folosind limbajul PHP astfel: dupa apasarea butonului „Record” ce executa functia MATLAB de recunoastere a notelor muzicale, iar rezultatul returnat este memorat intr-un vector si se incrementeaza numarul de note la fiecare noua executie a functiei. Astfel in momentul apasarii butonului „Generate Musicsheet” in programul PHP exista un vector ce contine notele muzicale recunoscute si numarul acestora. S-a creat un folder ce contine poze in format PNG cu notele muzicale in diferite octave, apoi vectorul obtinut este parcurs si extrasa denumirea fiecarei note apoi aceasta este atribuita unei variabile si concatenata cu extensia PNG si alte caractere speciale necesare. Variabila astfel obtinuta este cautata in folderul mentionat mai sus si este afisata pe



ecran. In cazul in care s-a atins numarul maxim de 9 note muzicale aferent unui portativ, se genereaza o noua fereastră de afisare a partiturii in cadrul paginii web si se continua in aceeași maniera. Cheia sol este introdusa in mod automat la inceputul fiecarui portativ.



**Figura 2.1.** Prezentare functionalitati dedicate utilizatorului

Pe pagina in care se regaseste partitura, „**Figura 2.1**”, se regasesc aceleasi elemente grafice specifice tematicii aplicatiei si cinci butoane. Primul buton permite revenirea la pagina anterioara, al doilea buton permite denumirea PDF-ului ce contine partitura. Apasarea butonului „Name your Music Sheet” genereaza un camp de tip text in care se introduce numele dorit de utilizator. Acest text este atribuit unei variabile ce se va fi folosita in continuare in functionalitatea butonului ce permite descarcarea partiturii in format PDF. Functionalitatea butonului „Name your song” a fost realizata cu ajutorul limbajului JavaScript.

In continuare se va prezenta implementarea butoanelor ce permit descarcarea partiturii, a melodiei si redarea interactiva a acesteia. Aceste functionalitati s-au implementat folosind PHP si JavaScript de catre ambii membrii ai echipei.

Pentru a stoca si utiliza notele generate de functia MATLAB pe tot parcursul unei sesiuni de inregistrare, a fost construita si gestionata o sesiune de lucru PHP. Aici vor fi pastrate atat numarul notelor inregistrate in timpul sesiunii curente, cat si vectorul de note ce trebuie memorat. De asemenea, incadrarea dinamica in pagina a notelor a fost realizata utilizand PHP, tinandu-se cont la orice moment de timp de numarul de note introdus si modul in care trebuie afisate pe pagina.

Functia de descarcare a partiturii este realizata folosind un *crawler* (mecanism cu ajutorul caruia se realizeaza cautari web) de HTML, implementat cu ajutorul Javascript. Asa cum este prezentat si mai sus in lucrare, partitura generata va fi reprezentata de un cod HTML interpretat de browser, deci continutul partiturii se va afla in interiorul unui tag HTML. Se va genera un document PDF initial gol, ce va fi completat ulterior cu partitura. Cu ajutorul *crawler-ului*, indentificam tag-ul respectiv si copiem informatia necesara reprezentarii partiturii in fisierul PDF, urmand ca apoi sa salvam fisierul pe masina de unde este trimisa

cererea, totul in aceeași secvență de comenzi. În final, utilizatorul obține fișierul PDF ce conține partitura pe care acesta o vede în aplicație. În cazul în care utilizatorul nu atribuie un nume propriu fișierului PDF, acesta va fi descărcat cu un nume prestabilit.

Funcția de redare a melodiei va încărca fișierul audio **song.wav** de pe server-ul web în browser și îl va transmite către utilizator. Acest fișier audio este generat de fiecare dată când utilizatorul începe o sesiune nouă de înregistrare a notelor și generează o nouă partitură. Folosind vectorul memorat în sesiunea curentă PHP, notele vor fi trimise către aplicația - client printr-o cerere de execuție a unui script Java, ce trimite mai departe aceste note către funcția MATLAB. Aceasta la rândul ei va genera un fișier audio ce conține succesiunea de note, iar la final va urca fișierul pe server-ul web, de unde va fi redat către utilizator folosind JavaScript.

Funcția de evidențiere a notelor este apelată în paralel cu funcția de redare. Aceasta este realizată în JavaScript și constă în identificarea unor elemente HTML și plasarea acestora pe pagina astfel încât să evidențieze nota curentă ce este redată din fișierul audio **song.wav** la un moment dat de timp.

## *Prezentare mod de utilizare*

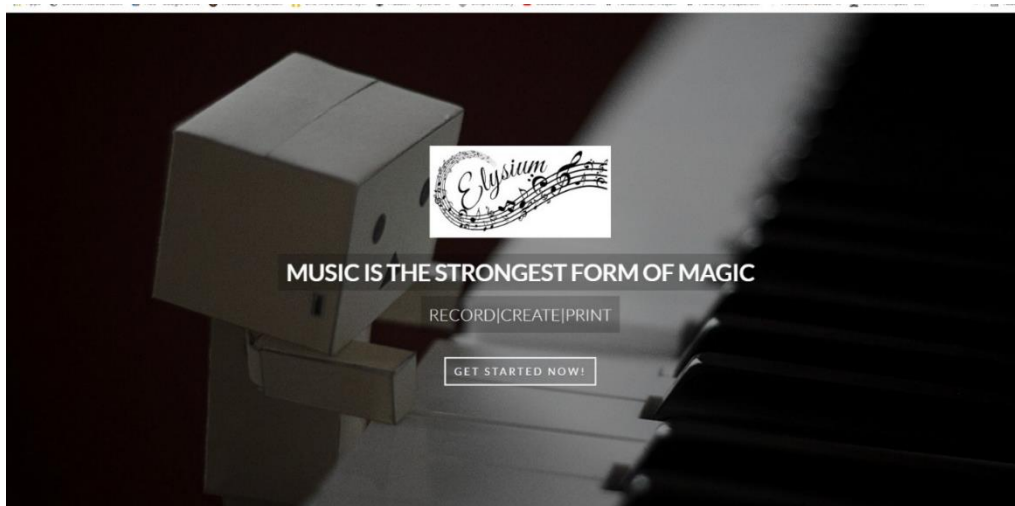
Această aplicație este destinată tuturor tipurilor de utilizatori, dar în special utilizatorilor neexperimentați, fiind ușor de folosit și având o interfață grafică intuitivă. Scopul acestei aplicații este de a ajuta utilizatorii să transpună sunetele redată în note muzicale din cadrul unei partituri.

Funcționalitățile de bază ale aplicației sunt: generarea partituri aferente succesiunii de sunete redată de utilizator, posibilitatea de descărcare în format PDF a partituri, descărcarea în format WAV a melodiei redată, cât și posibilitatea de redare a melodiei înregistrare cu marcarea notei curente din cadrul partituri.

Aplicația implementată continuă trei pagini web: pagina principală care ne redirecționează către începerea efectivă a procesului de recunoaștere a notelor, apoi urmează pagina corespunzătoare înregistrării notelor redată și în final se ajunge pe pagina care ne permite afișarea partituri, denumirea și descărcarea acesteia în format PDF, descărcarea succesiuni de note înregistrate anterior în format WAV și redarea interactivă a melodiei cu evidențierea notei curente, funcționalitate dedicată în special persoanelor ce nu sunt inițiate în domeniul muzical.

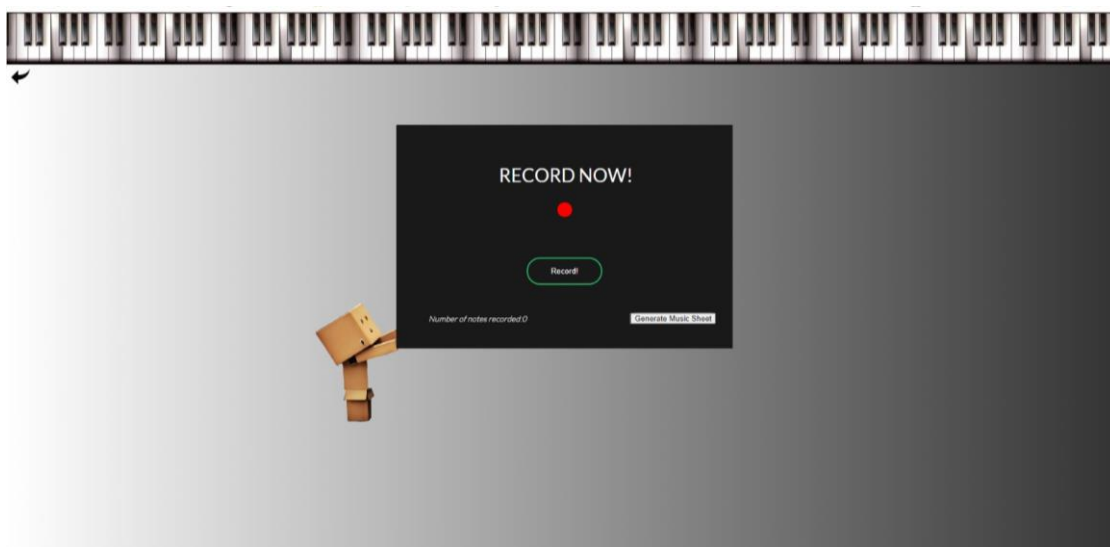
De asemenea, s-au integrat diferite elemente grafice pentru a face aplicația cât mai atractivă și ușor de utilizat.

În cele ce urmează se vor prezenta paginile aplicației web și modul de utilizare al acesteia.



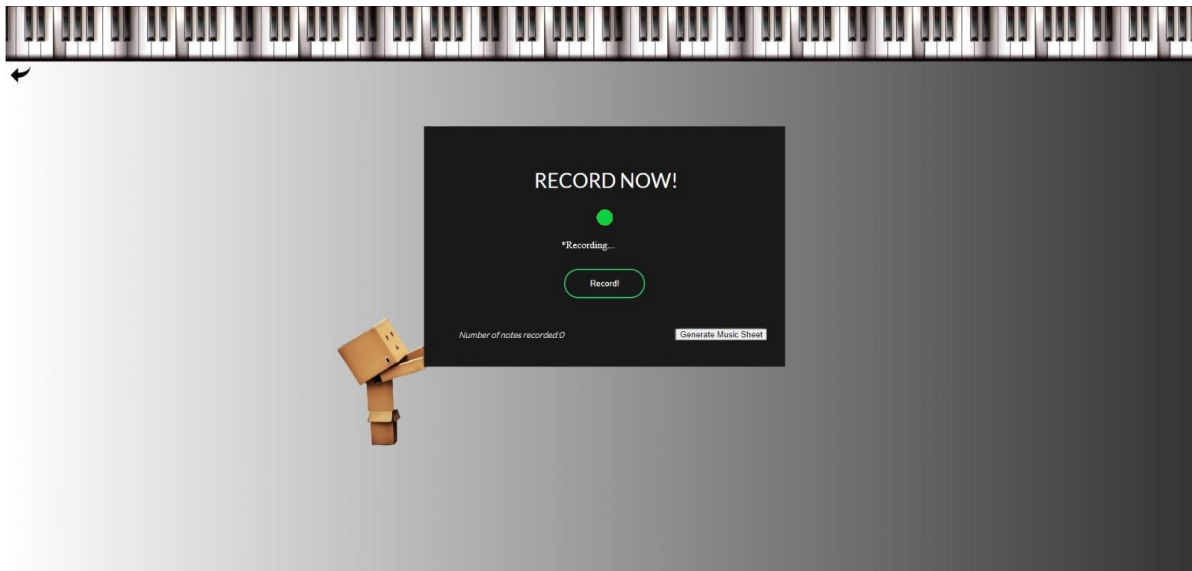
**Figura 3.** Pagina de start

În “**Figura 3**” este prezentată pagina de start în care s-a inserat un logo ce conține numele aplicației, câteva mesaje ce reprezintă o scurtă descriere a funcționalității aplicației pentru a permite familiarizarea utilizatorului cu aceasta și un buton “GET STARTED NOW!” ce ne va redirecționa către pagina în care se realizează înregistrarea și prelucrarea sunetelor.



**Figura 4.** Interfața ce permite înregistrarea și prelucrarea sunetelor

În “**Figura 4**” este prezentată cea de-a doua pagină a aplicației. Această pagină este cea în care se face înregistrarea și prelucrarea efectivă a notelor. Pentru începerea utilizării aplicației se apasă butonul „Record” și se așteaptă ca elementul grafic marcat printr-un cerc roșu, să își schimbe culoarea în verde. În momentul în care acest element devine verde se afișează un mesaj pe ecran care ne indică că putem începe redarea sunetului. Pentru a introduce o nouă notă, se așteaptă ca cercul să devină roșu și se apasă iar butonul „Record”.



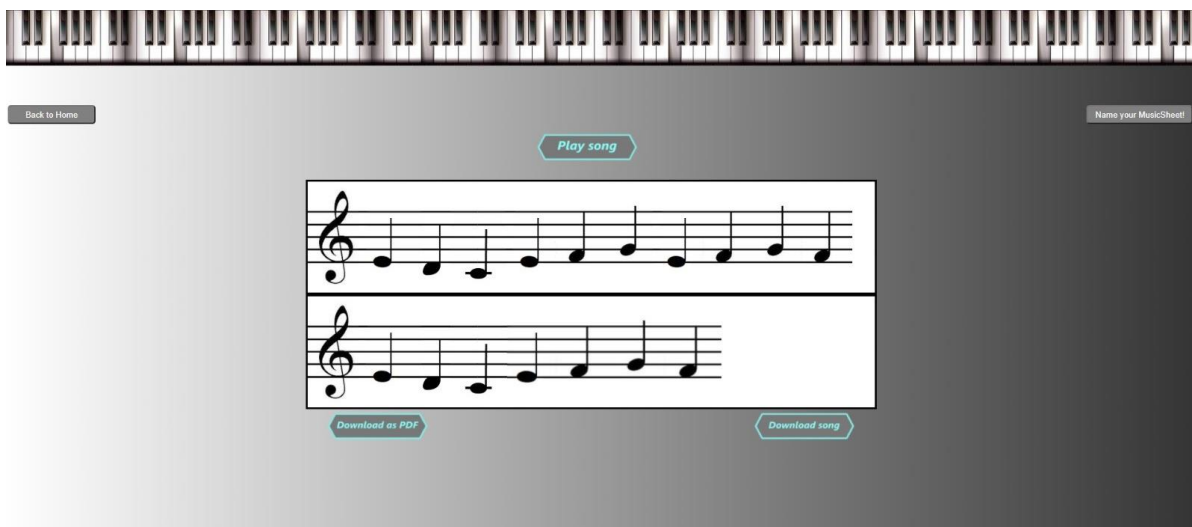
**Figura 5.** Interfata grafica pentru inregistrarea sunetelor

In „**Figura 5**” se poate observa cum arata interfata grafica in momentul in care se poate reda sunetul de catre utilizator.

Se poate observa evolutia inregistrarii sunetelor prin intermediul textului in partea stanga a elementului de tip caseta din interfata grafica. Acest text ne indica cate note s-au inregistrat pana in acest moment de catre utilizator. Daca utilizatorul doreste sa revina pe pagina principala, poate apasa sageata din stanga sus.

Dupa ce inregistrarea sunetelor dorite s-a finalizat, se apasa butonul „Generate Music Sheet” si utilizatorul este redirectionat catre o pagina unde este afisata partitura si alte functionalitati dedicate acestuia.

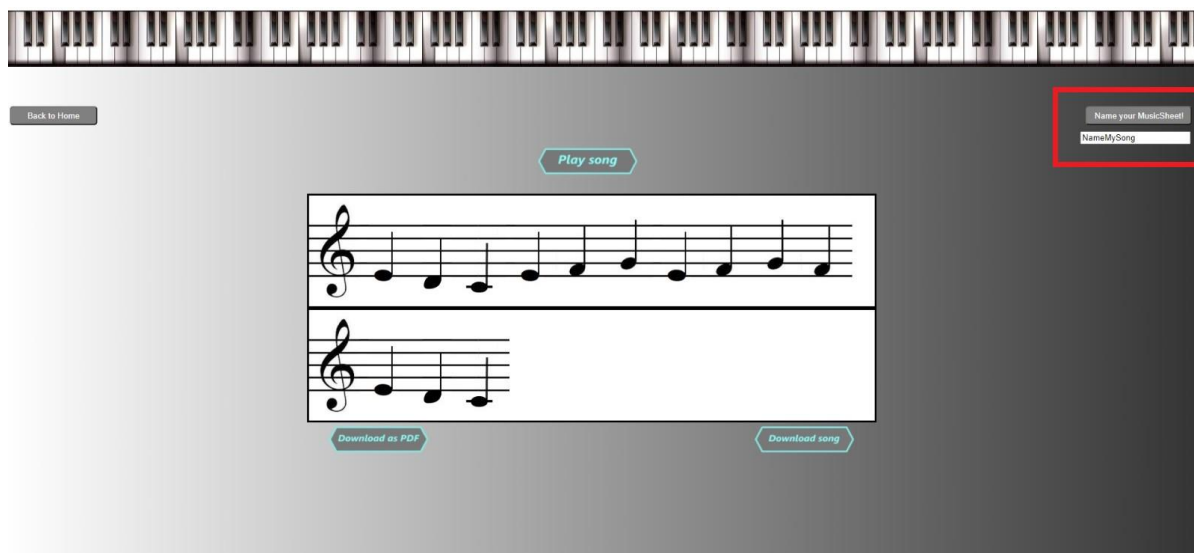
In „**Figura 6**” se poate observa pagina catre care este redirectionat utilizatorul dupa apasarea butonului „Generate Music Sheet”



**Figura 6.** Interfata pentru afisarea partituri

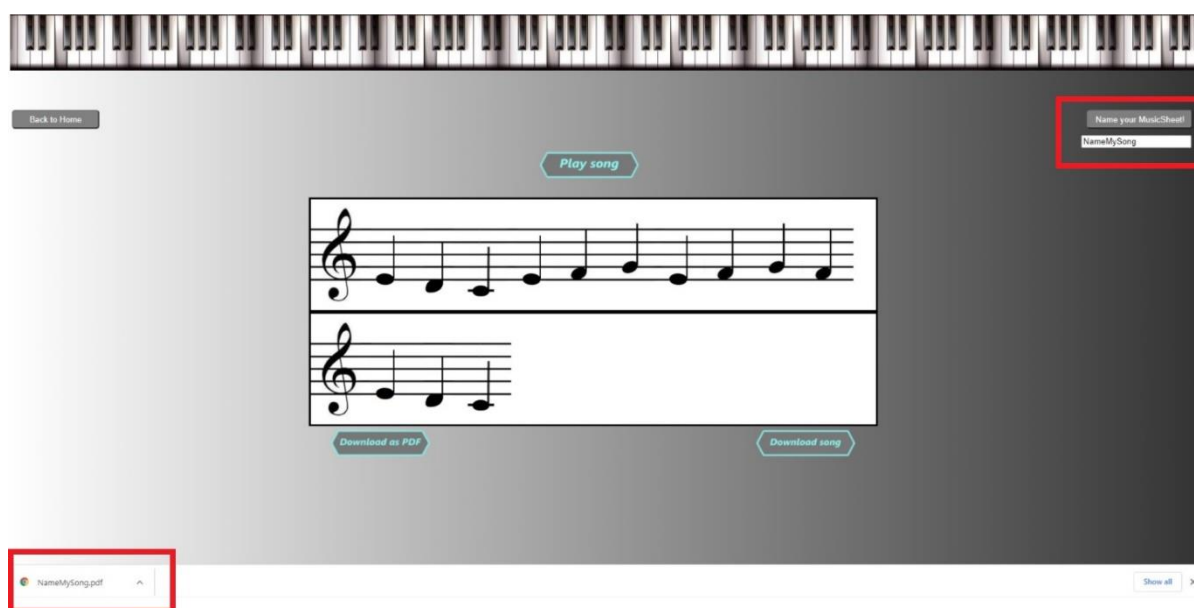
Pe aceasta pagina se regaseste partitura generata pe baza sunetelor redade de utilizator in pagina anterioara. Aici sunt prezente cinci butoane cu diverse functionalitati destinate utilizatorului. Daca utilizatorul apasa butonului „Back to Home” acesta va fi redirectionat catre pagina anterioara unde poate inregistra un nou sunet in melodia existenta.

Prin apasarea butonului „Name your MusicSheet” va aparea o caseta text unde utilizatorul introduce un nume pentru PDF-ul ce contine partitura.



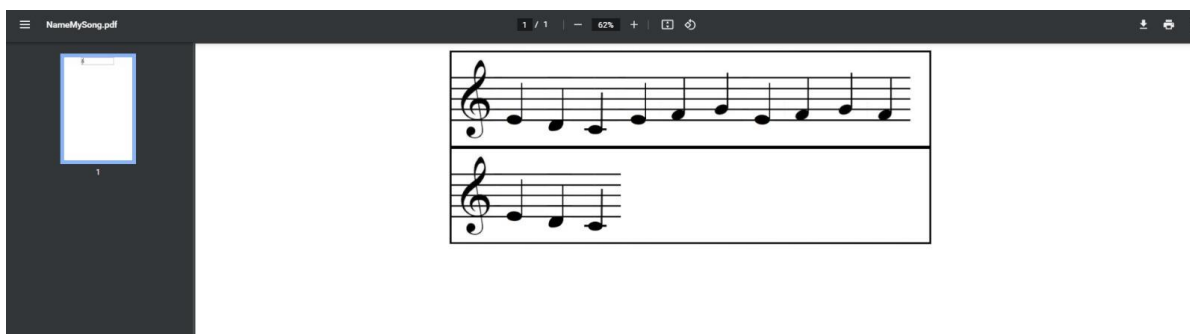
**Figura 7.** Butonul Name your Music Sheet

In „Figura 7” este prezentata utilizarea butonului pentru numire a partituri iar in „Figura 8” este prezentata functionalitatea butonului „Download as PDF”. La apasarea butonului „Download as PDF” utilizatorului i se ofera posibilitatea de a descarca partitura afisata pe ecran in format PDF asa cum se observa mai jos:



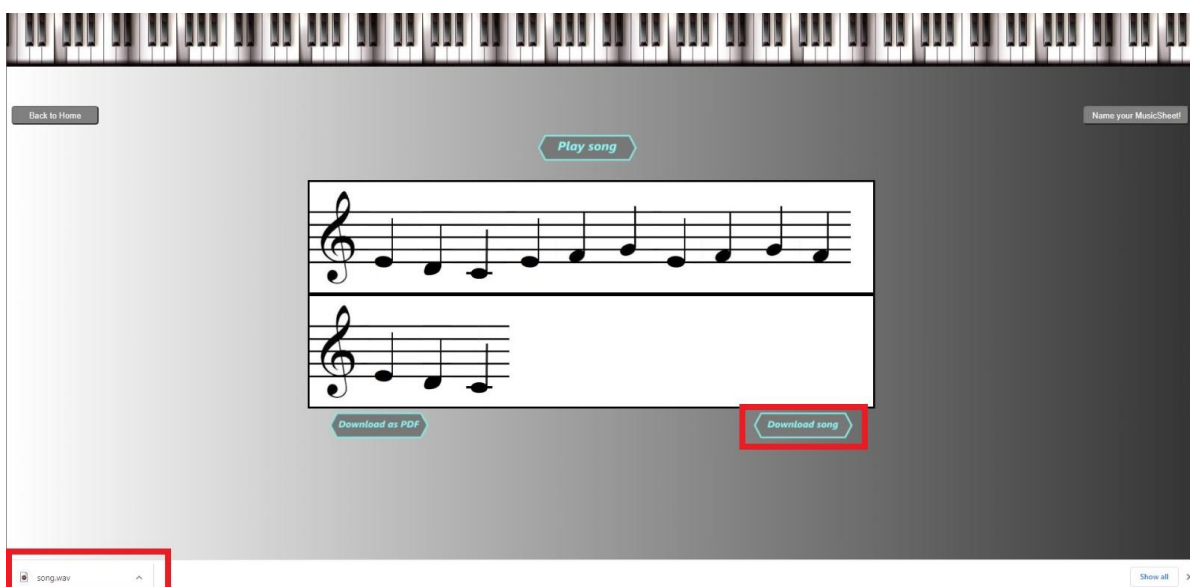
**Figura 8.** Functionalitatea butonului „Download as PDF”

Un exemplu de partitura descarcata in format PDF se poate regasi mai jos, acesta fiind rezultatul obtinut de utilizator dupa apasarea acestui buton.



**Figura 9** .Partitura generata

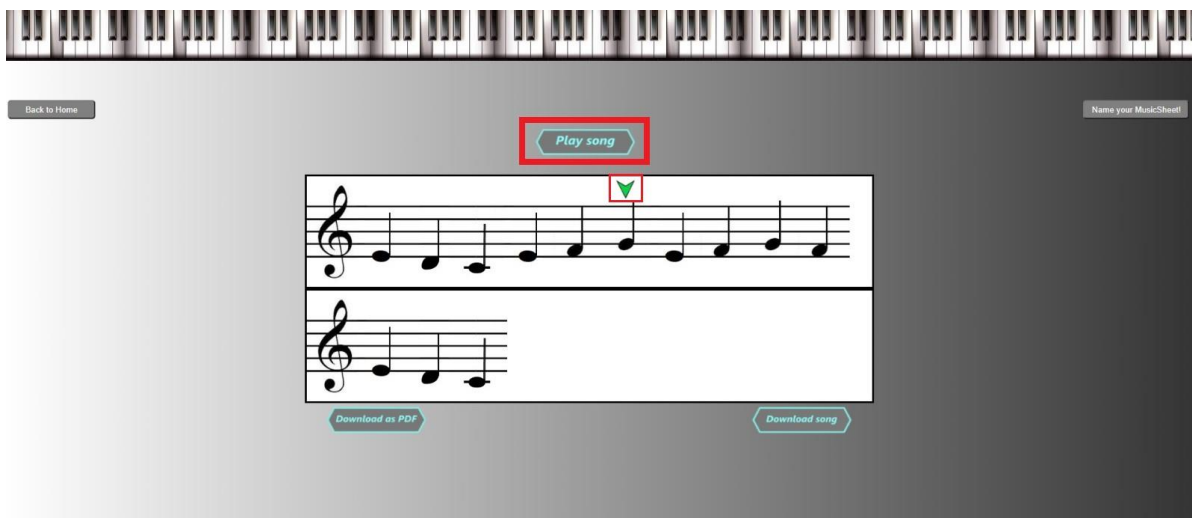
In continuare se va prezenta functionalitatea de descarcare a melodiei inregistrare anterior. Acest lucru este posibil prin apasarea butonului „Download song” ce va descarca in mod automat succesiunea de sunete redade de utilizator in format WAV. Sunetele regasite in fisierul descarcata de utilizator nu sunt cele originale, ci sunt note muzicale imbunatatite. Acest aspect a fost introdus deoarece calitatea sunetelor inregistrate initial de catre utilizator poate sa difere in functie de performantele dispozitivului cu care sunt captate. In acest mod, utilizatorul va beneficia de notele muzicale redade la o calitate superioara. Aceasta functionalitate este prezentata in „**Figura 10**”, unde se poate vedea si efectul apasarii butonului „Download song”. Sunetul descarcata in foemat WAV poate fi audiat prin intermediul oricarei aplicatii dedicate redarii sunetelor.



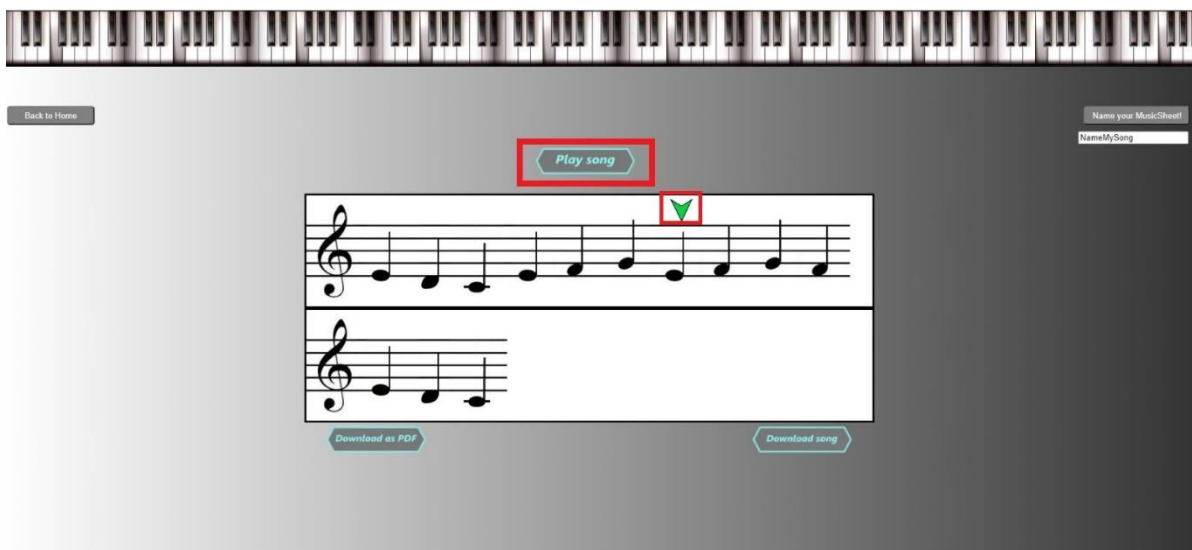
**Figura 10.** Functionalitatea butonului „Download Song”

Pe langa functionalitatile de descarcare a partiturii si a melodiei redade, utilizatorul beneficiaza si de o functionalitate de redare interactiva a melodiei inregistrate. Acest lucru este posibil prin apasarea butonului „Play song” ce este evidentiat in „**Figura 11**”. Apasarea

acestui buton incepe redarea melodiei inregistrate, iar pe partitura regasita in pagina web, prezentata mai jos, apare un element grafic de tip sageata ce este mutat de la o nota la alta la momentul redarii acesteia. Aceasta sageata verde apare doar dupa apasarea butonului „Play song” si este pozitionata pe nota redata in acel moment. Functionalitatea acestui buton se incheie in momentul in care redarea melodiei se termina si se ajunge la marcarea ultimei note de pe partitura.



**Figura 11.** Functionalitatea butonului „Play Song”



**Figura 11.** Parcurgerea interactiva a partituri

In „**Figura 11**” este prezentata functionalitatea butonului „Play song”, iar in „**Figura 12**” se poate observa evolutia elementului grafic in functie de nota redata la acel moment.

Asadar, acestea sunt functionalitatile aplicatiei dezvoltate si modul lor de utilizare. In continuare, se vor prezenta cateva concluzii deduse in urma implementarii acestei aplicatii.



# *Concluzii*

Pentru realizarea acestui proiect s-a propus implementarea unei aplicatii web ce genereaza in mod automat partituri muzicale pe baza sunetelor redade de utilizator. S-a incercat realizarea in mod cat mai eficient a acestui procedeu de recunoastere a sunetelor si de asemenea, s-au integrat si diferite functionalitati dedicate utilizatorului pentru a face interactiunea dintre utilizator si aplicatie cat mai utila si facila. Pe langa aceste functionalitati, s-a dorit si integrarea de elemente grafice in concordanta cu tematica aplicatiei web pentru a oferi utilizatorului o experienta placuta in folosirea acesteia.

In cele din urma, s-a realizat o aplicatie web ce genereaza automat partituri pe baza sunetelor redade de utilizatori. Sunetele redade sunt inregistrare, prelucrate si identificate in functie de frecventa pe care o au cu note muzicale existente. Pe baza acestei interpretari a sunetelor, se genereaza partitura dorita. Functionalitatile dedicate utilizatorului sunt: descarcarea in format PDF a partiturii, descarcarea in format WAV a melodiei redade, redarea melodiei cu marcarea notei curente si denumirea PDF-ului ce contine partitura. S-a reusit integrarea de elemente grafice specifice tematicii aplicatiei si de asemenea, s-au introdus si elemente interactive precum marcarea prin schimbare de culoare a inceperii inregistrarii sunetelor.

Datorita faptului ca functiile implementate in MATLAB pot prelucra un singur sunet odata, inregistrarea sunetelor redade de utilizator se va face secvential. Acest aspect se doreste a fi imbunatatit pe viitor deoarece poate duce la un timp de prelucrare putin mai mare fata de alte aplicatii de acest tip. Timpul de inregistrare si recunoastere a fiecarei note este de aproximativ doua secunde, insa inregistrarea secventiala a acestora face ca timpul total de prelucrare sa fie unul cumulativ si putin ridicat fata de alte software-uri dedicate.

Analizand aplicatiile similare (Muscore, Sibelius si AnthemScore) s-a incercat implementarea unor functii regasite pe acestea, dar si de functionalitati noi ce ar putea fi utile pentru utilizator, insa s-a observat ca unele dintre aceste aplicatii permit introducerea intregii melodii si apoi prelucrarea. Consideram ca acest aspect este unul foarte util atat din punct de vedere al timpului de executie, cat si pentru usurarea interactiunii cu utilizatorul. Aceste aplicatii primesc melodiile in format MIDI sau in formate dedicate redarii sunetelor si sunt capabile sa delimiteze sunetele si apoi sa le recunoasca drept note muzicale.

In viitor, se urmareste implementarea acestui aspect prin dezvoltarea functiei MATLAB deja utilizata pentru a putea detecta micile schimbari de frecventa ce exista la trecerea de la o nota la alta, astfel reusind sa delimiteze si apoi sa recunoasca sunetele introduse de utilizator.

# *Referinte Bibliografice*

1. Nicolae Sfetcu. Sunetul Fizicii. Acustica fenomenologica
2. Curs de Semnale si Sisteme, Cristian Oară
3. <https://dexonline.ro/definitie/sunet>
4. <http://www.cs.toronto.edu/~gpenn/csc401/soundASR.pdf>
5. <https://www.avid.com/sibelius>
6. <https://musescore.org/ro>
7. <https://www.lunaverus.com/>
8. <https://docs.fileformat.com/audio/wav/>
9. <https://docs.fileformat.com/pdf/>
10. <https://www.mathworks.com/products/matlab-production-server.html>
11. [https://www.researchgate.net/publication/268188178 A pitch estimation filter robust to high levels of noise PEFAC](https://www.researchgate.net/publication/268188178_A_pitch_estimation_filter_robust_to_high_levels_of_noise_PEFAC)