

Universitatea POLITEHNICA din Bucureşti
Facultatea de Automatică și Calculatoare, Departamentul de
Calculatoare



LUCRARE DE DIPLOMĂ

VisioScience3D

Conducător Științific:
Moraru Anca Andreea

Autor:
Dragomir Andrei-Mihai

Bucureşti, 2025

University POLITEHNICA of Bucharest
Faculty of Automatic Control and Computers,
Computer Science and Engineering Department



BACHELOR THESIS

VisioScience3D

Scientific Adviser:
Moraru Anca Andreea

Author:
Dragomir Andrei-Mihai

Bucharest, 2025

Realizarea acestui proiect nu ar fi fost posibilă fără ajutorul și sprijinul
D-nei Prof.dr.ing Anca Andreea Moraru. Multumesc pentru îndrumare,
promptitudine și răbdare.

Multumesc tuturor celorlalți profesori, laboratori și colegi care mi-au facilitat
procesul de învățare și mi-au oferit suportul necesar de-a lungul acestor 4 ani, punându-mi
bazele solide în domeniul ingineriei de Calculatoare.

Abstract

Proiectul VisioScience3D vine ca un răspuns la nevoia de a crea un mediu de învățare interactiv și captivant pentru elevii din învățământul preuniversitar.

Acesta îmbină tehnologia avansată pentru a crea un sistem de învățare bazat pe vizualizări 3D și simulări interactive, care să faciliteze înțelegerea conceptelor complexe din domeniul științelor exacte.

In momentul curent învățarea geometriei, fizicii, chimiei și altor discipline științifice se face prin metode tradiționale, care nu reușesc să capteze atenția elevilor.

Prin acest proiect ne dorim să venim în întâmpinarea acestei nevoi, să oferim un mediu de învățare interactiv și captivant care să faciliteze activitatea didactică și să îmbunătățească rezultatele elevilor.

Proiectul VisioScience3D este o aplicație web care permite utilizatorilor să exploreze domeniul științelor exacte prin intermediul simulărilor interactive și vizualizărilor 3D. Acesta oferă o soluție inovatoare și complexă pentru elevi și profesori, având posibilitatea de a predea și evalua elevii prin intermediul platformei.

Contents

Multumiri	i
Abstract	ii
1 Introducere	1
1.1 Context	1
1.1.1 Definirea problemei	1
1.1.2 Obiective	2
1.1.3 Sustinere stiintifică	2
1.2 Solutia propusa	3
1.3 Rezultate obtinute	4
1.4 Structura lucrarii	5
2 Analiza cerintelor / Motivatia proiectului	6
2.1 Plaja de utilizatori	6
2.1.1 Categorii	6
2.1.2 Profilul utilizatorului	7
2.2 Motivatia proiectului	8
2.3 Cerinte functionale	8
2.3.1 Cerinte functionale pentru utilizatorii elevi	8
2.3.2 Cerinte functionale pentru utilizatorii profesori	9
2.3.3 Cerinte functionale pentru sistem	10
2.4 Cerinte nefunctionale	10
2.5 Limitari	12
3 Studiu de piata / Solutiile existente	14
3.1 Alte solutii existente	14
3.1.1 Colorado Edu	14
3.1.2 invatamate.com	15
3.1.3 Mozaweb.com	16
3.1.4 iqboard.ro	17
3.2 Raportarea la alte solutii	18
3.3 Motivatia alegerii VisioScience3D de catre utilizatori	18
4 Tehnologii utilizate pentru front-end	20
4.1 Solutia de front-end	20
4.1.1 Framework principal	20
4.1.2 Framework 3D	22
4.1.3 Modelare 3D	23
4.2 Solutia UI/UX	24
4.2.1 Brandingul proiectului	24

4.2.2	Experiența utilizatorului	27
4.3	Soluția de creare a scenelor 3D	27
4.3.1	Utilizarea tehnologiilor WebGL și Three.js	27
4.3.2	Integrarea cu frontendul	28
5	Tehnologii utilizate pentru back-end	29
5.1	Descrierea arhitecturii	30
5.1.1	Configurarea clusterului	30
5.1.2	Rutarea și gestionarea traficului	30
5.2	Descrierea serviciilor	30
5.2.1	Descrierea API-urilor	30
5.2.2	Baze de date	30
5.3	Securitate	30
5.4	CI/CD	30
5.4.1	Deployment	30
5.4.2	Metrici / Monitorizare	30
5.5	Soluția de baze de date	30
5.5.1	Structura bazei de date	30
5.5.2	Securitatea datelor	30
5.5.3	Integrarea cu back-endul	30
6	Detalii de implementare	31
6.1	Back-end	31
6.1.1	Configurare back-end	31
6.1.2	Dezvoltare back-end	31
6.1.3	Conecțivitate	31
6.2	Front-end	31
6.2.1	Configurare front-end	31
6.2.2	Dezvoltare front-end	31
6.2.3	Conecțivitate	31
7	Scenarii de utilizare	32
7.1	Înregistrare și autentificare utilizator	32
7.2	Explorarea meniului principal	32
7.3	Accesarea secțiunilor educaționale	32
7.4	Interacțiunea cu scenele 3D educaționale	32
7.5	Gestionarea profilului de profesor	32
7.5.1	Crearea de clase și gestionarea elevilor	32
7.5.2	Crearea de teste și gestionarea lor	32
7.5.3	Vizualizarea rezultatelor	32
7.6	Gestionarea contului de elev	32
7.6.1	Intrarea în clasele profesorului	32
7.6.2	Accesarea testelor și vizualizarea rezultatelor	32
7.6.3	Rezolvarea testelor	32
8	Evaluarea implementării	33
8.1	Evaluarea back-endului	33
8.1.1	Testarea back-endului	33
8.1.2	Monitorizarea back-endului	33
8.1.3	Evaluarea performanței back-endului	33
8.2	Evaluarea front-endului	33
8.2.1	Testarea front-endului	33
8.2.2	Monitorizarea front-endului	33
8.2.3	Evaluarea performanței front-endului	33

CONTENTS	v
-----------------	----------

8.3 Testarea infrastructurii / Platformei	33
9 Concluzii și perspective	34
9.1 Concluzii	34
9.2 Dezvoltare viitoare	34
A Anexe	35

Chapter 1

Introducere

1.1 Context

Educația este un domeniu de bază al societății, iar tehnologia joacă un rol din ce în ce mai important în acest sector. În special, într-o lume în care platformele sociale și mediul de interacțiune video sunt de bază pentru tineri, este esențial să se dezvolte soluții educaționale care să fie atractive și eficiente în procesul clasic de învățare.

1.1.1 Definirea problemei

În acest context, problema pe care o abordăm este crearea unei platforme educaționale interactive care să integreze tehnologii moderne și simulări 3D, pentru a face din procesul de învățare o experiență captivantă și eficientă pentru elevi de gimnaziu și liceu. Această platformă va permite accesul vizual și facil la informații complexe de matematică, fizică, chimie, astronomie și informatică.

Studentii vor putea explora concepte și interacționa cu simulări 3D, dar și să participe la teste și evaluări pentru a-și verifica cunoștințele. De asemenea, profesorii vor avea la dispoziție un instrument pentru a crea teste și a gestiona clasele de elevi, facilitând astfel procesul de predare și evaluare. Platforma va avea un sistem interactiv de navigare, recunoaștere a rezultatelor și răsplătirea progresului prin gamificare tot prin interacțiune 3D, ceea ce va îmbunătăți experiența utilizatorilor și va stimula învățarea activă.

1.1.2 Obiective

Obiectivele principale ale acestui proiect sunt:

- Crearea unei platforme educationale interactive care să integreze simulări 3D și tehnologii moderne.
- Dezvoltarea unui sistem de gestionare a testelor și evaluărilor pentru profesori și elevi.
- Implementarea unui sistem de gamificare pentru a stimula învățarea activă și implicarea utilizatorilor.
- Asigurarea accesibilității și ușurinței în utilizare pentru elevi și profesori.
- Crearea unui mediu de învățare captivant și eficient care să faciliteze înțelegerea conceptelor complexe.
- Integrarea unui sistem de raportare și monitorizare a progresului utilizatorilor.
- Crearea unei interfețe prietenoase și intuitive care să faciliteze experiența profesorilor în gestionarea claselor, testelor, elevilor și a rezultatelor.

1.1.3 Sustinere științifică

Multe discipline STEM implică concepte abstractive foarte dificil de vizualizat, ceea ce poate scădea interesul elevilor. De exemplu, chimia este adesea percepță ca “prea abstractă” deoarece elevii nu pot vizualiza ușor concepte precum structura moleculară sau reacțiile chimice.

Integrarea vizualizărilor 3D și a tehnologiilor interactive în predarea disciplinelor STEM este susținută de un număr semnificativ de cercetări recente. Acestea demonstrează că reprezentările vizuale și simulările contribuie la înțelegerea conceptelor abstractive și sporesc motivația elevilor.

De exemplu, un studiu derulat în școlile din Cehia a arătat că utilizarea modelelor 3D și animațiilor în predarea științelor a dus la o creștere semnificativă a implicării elevilor și a performanțelor la teste, în special în chimie și biologie [13]. De asemenea, o meta-analiză recentă a concluzionat că lecțiile care includ modele 3D interactive au îmbunătățit de peste 1,6 ori varianta standard de învățare teoretică [16].

Simulările 3D aplicate în laboratoare școlare au condus nu doar la o înțelegere mai bună a subiectelor, ci și la o retentie îmbunătățită a cunoștințelor în timp [17]. Elevii au raportat un nivel mai ridicat de încredere în propriile abilități și o atitudine mai pozitivă față de învățare.

Mai mult, numeroase cercetări evidențiază importanța predării adaptate stilurilor de învățare. Datele arată că un procent semnificativ dintre elevi învață predominant vizual, ceea ce justifică utilizarea elementelor grafice și a animațiilor în clasă [14], [15]. Un studiu local desfășurat în România confirmă această tendință, indicând o pondere de aproximativ 48% pentru stilul vizual, ceea ce subliniază necesitatea diversificării suportului educațional [14].

În plus, un raport OECD a demonstrat că utilizarea controlată a tehnologiei digitale în procesul educational poate conduce la o creștere cu până la 15% a scorurilor obținute de elevi la testele de competențe, comparativ cu metodele clasice [19].

Ca și concluzie, dovezile sugerează că integrarea vizualizărilor 3D și a simulărilor interactive nu doar crește atraktivitatea învățării, ci și eficiența ei. Proiectul *VisioScience3D* se aliniază acestor direcții moderne de predare, oferind resurse educationale inovative care răspund nevoilor noilor generații de elevi.

1.2 Soluția propusă

Ideea platformei este de a crea un mediu de învățare interactiv care să integreze simulări 3D și tehnologii moderne pentru a face procesul de învățare mult mai ușor. Oferă o gamă de materii care pot fi studiate în această metodă inovativă, dar poate funcționa și ca verificator ad-hoc al cunoștințelor elevilor. Un elev poate intra rapid și facil să verifice o formulă sau altă informație, iar profesorul poate să creeze teste și să gestioneze clasele de elevi în mod rapid și eficient.

Numele VisioScience3D a fost ales pentru a reflecta scopul platformei și este compus din două cuvinte: "Visio" care se referă la vizual, vedere, iar "Science" care se referă la știință. Această combinație sugerează o platformă care îmbină ideea de vizual cu știință, oferind un nume care reflectă esența platformei și scopul său. Titlul contine și termenul 3D, care subliniază focusul vizualizărilor din platformă care sunt realizate tridimensional.

Fiecare rol din procesul educational (elev, profesor) are posibilitatea de accesă funcționalitățile de învățare și evaluare. De asemenea, platforma va avea un sistem de gamificare care va recompensa elevii pentru progresul lor și va încuraja participarea activă. Opțiuni de vizualizare a tabelelor de rezultate vor fi disponibile pentru profesori, iar elevii vor putea să-și urmărească scorul și progresul în timp real.

Testele pot fi create prin drag-and-drop în interfața secțiunii de create, unde există control

granular de la nivel de structura a quizului până la nivel de întrebare, răspuns, selecție de imagini sau număr de răspunsuri corecte. Profesorii pot vizualiza clasele pe care le dețin, elevii care au participat la teste și rezultatele obținute de acestia. De asemenea, profesorii pot vizualiza și analiza rezultatele elevilor pentru a înțelege mai bine progresul acestora și pentru a adapta metodele de predare în funcție de nevoile fiecărui elev. Aceasta va permite o abordare personalizată a învățării, care poate îmbunătăți semnificativ rezultatele elevilor. Profesorii au acces și la sistemul de invitație a elevilor în platformă și în clasă direct în contul elevului.

Elevii pot accesa platforma printr-o interfață prietenoasă și intuitivă, unde pot explora concepte complexe prin simulări 3D și animații interactive. Pentru ei este destinat meniul 3D principal de selecție a materiei, unde pot vedea și interacționa cu toată gama de simulări disponibile. De asemenea, după cum am menționat mai sus, elevii pot participa la teste și evaluări pentru a-și verifica cunoștințele. Aceste teste sunt concepute pentru a fi interactive și captivante, oferind o experiență de învățare plăcută și eficientă, dar fiind și potrivite ad-hoc pentru o testare rapidă după o lecție predată.

1.3 Rezultate obținute

Platforma a ajuns într-un punct în care poate fi utilizată de către profesori și elevi pentru a explora concepte și reprezentă o soluție care poate salva timp și poate face învățarea mai rapidă și intuitivă pentru elevii cu stil de învățare vizual, care după cum am menționat și după cum arată studiile sunt majoritari în școlile din România (peste 48% din elevi). La nivelul de profesor reprezintă curent o soluție rapidă de testare știință monitorizare a elevilor la materii de știință, dar și de informatică.

La nivel tehnic, platforma folosește o arhitectură scalabilă a serviciilor din back-end, oferind o scalabilitate foarte ridicată și o disponibilitate crescută datorită separării în microservicii a aplicației. Arhitectura poate fi ușor extinsă pentru a adăuga noi funcționalități și module, iar platforma poate fi adaptată rapid la nevoile utilizatorilor. De asemenea, partea de front-end este construită folosind tehnologii cu suport extins și comunități mari, ceea ce asigură o suport înțelungat și o posibilă dezvoltare ușoară a platformei în viitor.

1.4 Structura lucrării

Această lucrare este structurată în mai multe capitulo, fiecare abordând un aspect diferit al proiectului atât din punct de vedere tehnic, cât și din punct de vedere al implementării și utilizării platformei.

Capitolul 2 oferă o analiză detaliată a cerințelor și a nevoilor utilizatorilor, precum și a profilului utilizatorilor tipici ai platformei. Aceasta include o descriere a motivației, a cerințelor funcționale și a celor nefuncționale, precum și a limitărilor și constrângerilor proiectului.

Al treilea capitol (3) analizează piața și competiția din punct de vedere al platformelor educaționale existente, evidențiind punctele forte și slabe ale acestora și modul în care platforma propusă se diferențiază de cea dezvoltată în cadrul acestui proiect.

Capitolul 4 detaliază tehnologiile utilizate în dezvoltarea platformei, inclusiv limbajele de programare, framework-urile și instrumentele utilizate pentru a crea aplicația. Aici se oferă o privire de ansamblu asupra dezvoltării fiecarei părți importante a aplicației: back-end, front-end (inclusiv UI/UX), scene 3D și bazele de date.

Capitolul 6 oferă detalii despre implementarea platformei, inclusiv bucăți de cod și exemple de dezvoltare a codului, precum și detalii despre configurarea și conectivitatea obținută între diferitele componente ale aplicației.

Cel de-al saselea capitol, 7 are ca focus definirea și prezentarea scenariilor de utilizare ale platformei, inclusiv modul în care utilizatorii pot interacționa cu aplicația și cum pot crea conturi, teste, clase și cum pot vizualiza scene și experimente 3D. De asemenea, se discută despre modul în care utilizatorii pot accesa și utiliza funcționalitățile platformei, precum și despre modul în care pot beneficia de gamificare și recompense pentru progresul lor.

Capitolul 8 se concentrează pe tipurile de evaluare a platformei, cu accent pe testare și pe modul în care se poate monitoriza sănătatea platformei în cazul lansării către publicul larg. De asemenea se discută și despre evaluare performanței platformei pe diferite niveluri.

Ultimul capitol, 9, oferă concluzii și perspective asupra viitorului platformei, inclusiv posibile îmbunătățiri și extinderi ale funcționalităților existente. De asemenea, se discută despre impactul pe care platforma ar putea să-l aibă asupra educației.

Chapter 2

Analiza cerințelor / Motivația proiectului

2.1 Plaja de utilizatori

Publicul țintă al aplicației este destul de general, putând fi accesată de orice utilizator care se înregistrează și dorește să învețe sau să își amintească noțiuni de matematică, fizică, chimie, astronomie sau informatică.

2.1.1 Categorii

Categoriile principale de utilizatori suportate de platformă sunt:

- Utilizatori elevi
- Utilizatori profesori

Aceste categorii indică și publicul țintă al aplicației, care este format din elevi de nivel gimnaziu sau liceu și profesori care predau disciplinele menționate la acest nivel de învățământ.

Între aceste două categorii de utilizatori diferă drepturile de acces dar și tipul de interacțiune cu aplicația dar și funcționalității disponibile.

2.1.2 Profilul utilizatorului

După cum am menționat anterior, aplicația este destinată elevilor și profesorilor de matematică, fizică, chimie, astronomie și informatică. Putem face și o analiză din diverse puncte de vedere demografice și comportamentale\$

- **Vârstă:** 10-18 ani pentru elevi, 25-60 ani pentru profesori

Motivat de faptul că aplicația este destinată elevilor de gimnaziu și liceu.

- **Tip de învățare:** vizual

Justificat de faptul că aplicația folosește animații 3D pentru a explica concepte științifice.

- **Studii:** elevi de gimnaziu și liceu, profesori cu studii superioare în domeniul educației sau al științelor exacte

Motivat de scopul și ținta aplicației.

- **Locație:** România, limba destinată fiind română

Justificat de faptul că aplicația este destinată elevilor și profesorilor din România.

- **Interese:** educație, tehnologie, știință, învățare interactivă

Justificat de faptul că are suport pentru materii de știință și tehnologie.

- **Motivație elevi:** dorința de a învăța și de a-și îmbunătăți cunoștințele în domeniile menționate, dorința de a obține note mai mari la școală

Motivat de faptul că aplicația este destinată elevilor care doresc să învețe și să-și îmbunătățească cunoștințele.

- **Motivație profesori:** dorința de a-și îmbunătăți metodele de predare, dorința de a oferi elevilor o experiență de învățare mai interactivă și mai captivantă

Justificat de faptul că aplicația este destinată profesorilor care doresc să-și îmbunătățească metodele de predare.

- **Tehnologie:** utilizatori cu un nivel cel puțin începător-mediu de competență tehnologică, familiarizați cu utilizarea aplicațiilor web

Datorită faptului că aplicația este o aplicație web care necesită cunoștințe de bază în accesare și navigarea pe internet.

- **Dispozitive:** utilizatori care folosesc computere, laptopuri, tablete sau telefoane mobile pentru accesarea aplicației

Motivat de faptul că aplicația este o aplicație web care poate fi accesată de pe orice dispozitiv cu acces la internet.

2.2 Motivația proiectului

Motivația proiectului este de a oferi o platformă educatională interactivă care să ajute elevii, decizia ideii fiind luată după ce s-a studiat piața de soluții existente care oferă acest tip de produs destinat României, în limba română și care oferă o experiență modernă, cât și suport pentru testare incorporat.

2.3 Cerințe funcționale

interfața a fost realizată după două principii de bază:

- **Simplitate:** am ales un design simplu, minimalist, care să nu distrață atenția utilizatorului de la conținutul educațional
- **Interactivitate:** am ales să folosim animații 3D în cât mai multe zone ale aplicației, pentru a face experiența de învățare mai captivantă și mai plăcută
- **Accesibilitate:** am ales să folosim o paletă de culori care să fie ușor de citit și să nu obosească ochii utilizatorului

Cerințele funcționale sunt împărțite în două mari categorii, în funcție de tipul de utilizator:

- Cerințe funcționale pentru utilizatorii elevi
- Cerințe funcționale pentru utilizatorii profesori
- Cerințe funcționale pentru sistem

2.3.1 Cerințe funcționale pentru utilizatorii elevi

Cerințele funcționale pentru utilizatorii elevi sunt cerințe care țin de utilizatorii aplicației și modul în care aceștia pot să interacționeze cu aplicația din poziția de elevi.

Printre cele principale se numără:

- Utilizatorii elevi trebuie să se poată înregistra în aplicație

- Utilizatorii elevi trebuie să se poată autentifica în aplicație
- Utilizatorii elevi trebuie să aibă acces la un meniu principal 3D de selectare a materiei
- Utilizatorii elevi trebuie să aibă acces la secțiuni educationale
- Utilizatorii elevi trebuie să aibă acces la scenele 3D și să poată interacționa cu ele
- Utilizatorii elevi trebuie să poată intra în clase create de profesori prin invitație
- Utilizatorii elevi trebuie să poată răspundă la invitații
- Utilizatorii elevi trebuie să aibă acces să vizualizeze testele deschise
- Utilizatorii elevi trebuie să aibă să rezolve testele deschise
- Utilizatorii elevi trebuie să aibă acces la rezultatele obținute dacă profesorul a ales să le facă publice
- Utilizatorii elevi trebuie să aibă acces profilul de utilizator de gestiune a contului

2.3.2 Cerințe funcționale pentru utilizatorii profesori

Cerințele funcționale pentru utilizatorii profesori sunt cerințe care țin de utilizatorii din categoria profesorală și care sunt necesare pentru a asigura o experiență adecvată lor.

Cele mai importante sunt:

- Utilizatorii profesori trebuie să se poată înregistra în aplicație
- Utilizatorii profesori trebuie să se poată autentifica în aplicație
- Utilizatorii profesori trebuie să aibă acces la un meniu principal 3D de selectare a materiei
- Utilizatorii profesori trebuie să aibă acces la secțiuni educationale
- Utilizatorii profesori trebuie să aibă acces la scenele 3D și să poată interacționa cu ele
- Utilizatorii profesori trebuie să aibă acces la un meniu de gestionare a elevilor și claselor
- Utilizatorii profesori trebuie să aibă acces la un meniu de gestionare a testelor
- Utilizatorii profesori trebuie să aibă acces la un meniu de vizualizare a rezultatelor obținute de elevi
- Utilizatorii profesori trebuie să aibă acces profilul de utilizator de gestiune a contului
- Utilizatorii profesori trebuie să aibă acces la un meniu de gestionare a invitațiilor

- Utilizatorii profesori trebuie să aibă acces să genereze invitații pentru elevi
- Utilizatorii profesori trebuie să aibă acces să trimite invitații pentru elevi
- Utilizatorii profesori trebuie să poată vedea și gestioneaza rezultatele elevilor
- Utilizatorii profesori trebuie să poată crea teste și închide/deschide accesul la ele

2.3.3 Cerințe funcționale pentru sistem

Cerințele funcționale pentru sistem sunt cerințe care nu țin de utilizatorii aplicației, ci de sistemul în sine și modul în care acesta trebuie să funcționeze. Aceste cerințe sunt esențiale pentru a asigura o experiență de utilizare fluidă și eficientă.

- Sistemul trebuie să trimită invitațiile aproape instantaneu către utilizatori
- Sistemul trebuie să trimită notificări utilizatorilor atunci când primesc invitații
- Sistemul trebuie să încarce rapid scenele 3D
- Sistemul trebuie să aibă un timp de răspuns rapid la interacțiunile utilizatorilor
- Sistemul trebuie să răspundă instant la interacțiunile utilizatorilor cu scenele 3D
- Sistemul trebuie să ofere rezultatele la teste instant
- Sistemul trebuie să gestioneze eficient sistemul de utilizatori și autentificare
- Sistemul trebuie să gestioneze sistemul de închidere/deschidere a testelor

2.4 Cerințe nefuncționale

Dezvoltarea produsului a fost destinată pentru utilizare pe Web, de pe orice dispozitiv cu acces la internet, fără a necesita instalarea de aplicații sau plugin-uri suplimentare. Din natura aplicației, gradul de portabilitate de la dispozitiv la dispozitiv este ridicat.

Interfața trebuie să răspundă rapid la interacțiunile utilizatorilor, iar animațiile 3D să fie fluide și să nu aibă întârzieri semnificative. De asemenea, aplicația trebuie să fie disponibilă pe toate browserele moderne, inclusiv Chrome, Firefox, Safari și Edge.

Pentru o utilizare mai intuitivă sunt adăugate în unele locuri și indicatori vizuali care arată modul de funcționare. Putem observa și un exemplu în figura următoare, unde utilizatorul este îndrumat să pună mouse-ul peste un obiect pentru a activa meniul.

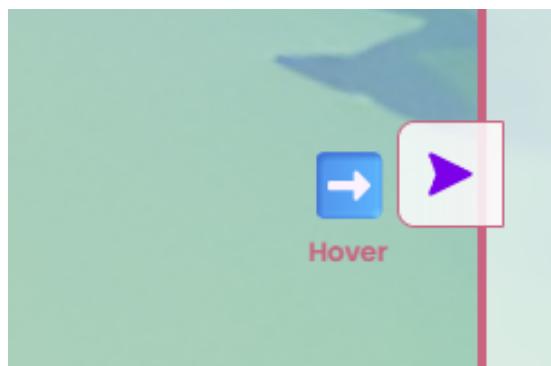


Figure 2.1: Animatie intuitivă pentru utilizator deschiderea unui meniu lateral

Meniurile conțin informații de prezentare și tutoriale pentru a naviga diferențele simulări 3D, ele fiind primul lucru pe care utilizatorul la intrarea în diferențele secțiuni. Putem vedea un exemplu în figura următoare.

Bine ai venit la secțiunea de Chimie

În această secțiune vei putea explora, organiza și încărca fișiere .mol pentru a vizualiza și studia structura moleculelor într-un mod interactiv și 3D.

💡 Poți adăuga molecule noi din meniu lateral și vizualiza structura acestora în timp real. Fiecare moleculă conține detalii despre atomi, legături și o reprezentare 3D ușor de înțeles.

Hint: după ce încarc un fișier .mol, îl vei putea selecta pentru a vizualiza toate datele moleculei.

Figure 2.2: Meniu de întâmpinare și ghidare pentru utilizator

Datele afisate în platformă sunt actualizate constant prin comunicare cu serverul care gestionează acel serviciu prin protocolul HTTP.

Ca cerințe nefuncționale necesare pentru încărcarea și gestionarea corectă a scenelor 3D, putem să discutăm pe mai multe planuri, cum ar fi:

1. Browser & API

Aplicația trebuie să ruleze pe browsere moderne care suportă WebGL 1.0 (OpenGL ES 2.0) sau, de preferat, WebGL 2.0 (OpenGL ES 3.0). Browsere compatibile: Chrome > 60, Firefox > 52, Safari > 11, Edge > 16.

2. CPU

- **Minim desktop:** Dual-core 1,5 GHz (Intel Core i3 gen.3+, AMD A6+)
- **Minim mobil/tablet:** Dual-core ARM Cortex-A55 @1,8 GHz

3. Memorie (RAM)

- **Minim:** 2 GB RAM total, din care \geq 256 MB cel puțin liberi pentru heapul JavaScript și texturi.
- **Recomandat:** 4 GB + RAM.

4. GPU & VRAM

- **Minim placă grafică integrată:** Intel HD 5000 / AMD Radeon R5 ($>$ 128 MB VRAM)
- **Minim placă grafică dedicată:** NVIDIA GT 640 / AMD R7 250 ($>$ 256 MB VRAM)
- **Minim mobil/tablet:** Adreno 306 / Mali-T720 ($>$ 128 MB VRAM)

5. Rețea

- **Lățime de bandă minimă:** 1 Mbps (cu asset-uri comprimate și LOD).
- **Latency:** $<$ 100 ms RTT pentru încărcarea resurselor.

6. Performanță în aplicație

- **FPS țintă:** $>$ 30 fps pe desktop, $>$ 24 fps pe mobil.
- **Timp de încărcare inițială:** $<$ 2 s, $<$ 5 s (la texturile mari).

Aceste cerințe au fost testate în mediul de dezvoltare și sunt valabile pentru majoritatea, putând să difere în mediul de producție în cazul lansării aplicației.

2.5 Limitări

Din punct de vedere al specificului platformei, ea oferă limitări clare pe mai multe planuri, cum ar fi:

- **Compatibilitate browser și platformă:** aplicația este compatibilă cu majoritatea browserelor moderne, dar nu este optimizată pentru browserele mai vechi sau pentru dispozitive mobile cu specificații tehnice reduse.
- **Performanță hardware:** aplicația necesită un hardware minimal pentru a funcționa corect.

- **Conexiune la internet:** aplicația necesită o conexiune la internet stabilă pentru a funcționa corect.
- **Dispozitive mobile și tabletă:** aplicația necesită un hardware decent pentru rulare, ceea ce e mai greu de obținut pentru dispozitivele mobile.
- **Practice:** aplicația are limitări în folosire încât este dependentă în cea ce constă eficacitatea învățării de utilizatorul care o folosește.
- **Conținut:** aplicatia nu oferă un conținut educational complet, ci doar partea modelabilă 3D a acestuia per fiecare materie.

Chapter 3

Studiu de piată / Soluții existente

3.1 Alte soluții existente

3.1.1 Colorado Edu

Prima soluție analizată este Colorado Edu, o platformă care oferă acoperire pe multiple materii după cum se poate observa în captura următoare.

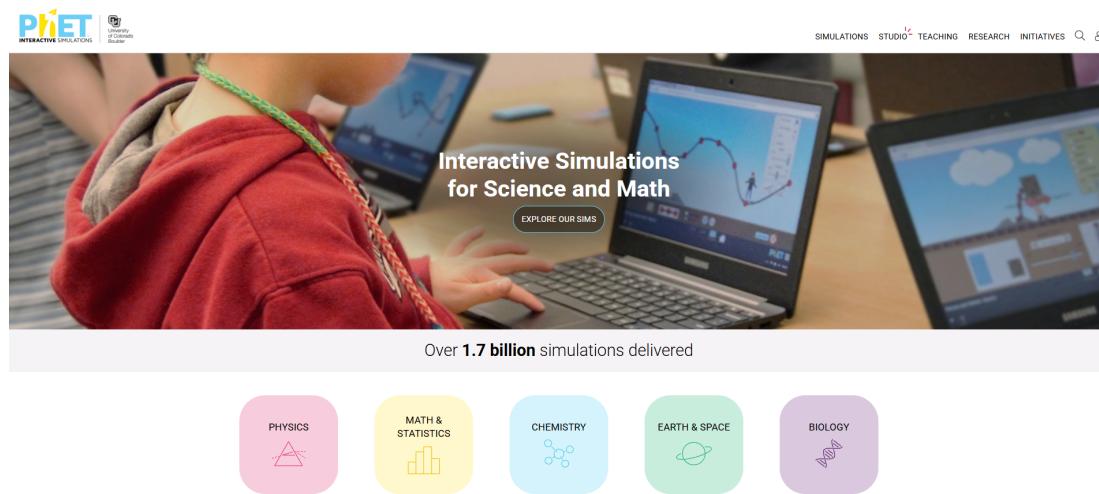


Figure 3.1: Captură de ecran de pe soluția Phet Colorado Edu

Se poate observa designul simplu și intuitiv și suportul relativ extins pe materii. Are și o interactivitate bună la nivel de simulări și alt avantaj e că are acces gratuit. Totuși, nu are un sistem de evaluare integrat și nu permite crearea de teste personalizate. De asemenea, nu are un sistem de management al utilizatorilor, ceea ce face ca utilizarea platformei să fie limitată

la simulări ad-hoc, iar ţinta principală ca științelor curiculum este SUA și nu România.

3.1.2 invatamate.com



Figure 3.2: Captură de ecran de pe platforma invatamate.com

Cea de-a doua soluție analizată este invatamate.com, o platformă care oferă o suiată de cursuri, vizualizări și simulări online. După cum se poate observa în captura de ecran, platforma are un design relativ învecit și nu foarte atractiv, dar conține multiple resurse utile. Deși numele sugerează că platforma este dedicată matematicii, ea are și simulări de astronomie și jocuri interactive mai generale.

Problema este iar că nu are un sistem de management al utilizatorilor și nici suport pentru evaluare integrat. Lipsa acestor funcționalități face ca platforma să nu fie foarte utilă în mediul educațional, iar utilizarea ei să fie limitată la jocuri simple și triviale. Alte limitări ale platformei sunt că folosește Flash pentru majoritatea jocurilor științelor chiar integrări cu Kahoot pentru unele, iar resursele sunt de asemenea legate din surse externe în unele cazuri. De asemenea, experiența nu este cea mai modernă, intuitivă și placută după cum se poate vedea în capturile următoare.

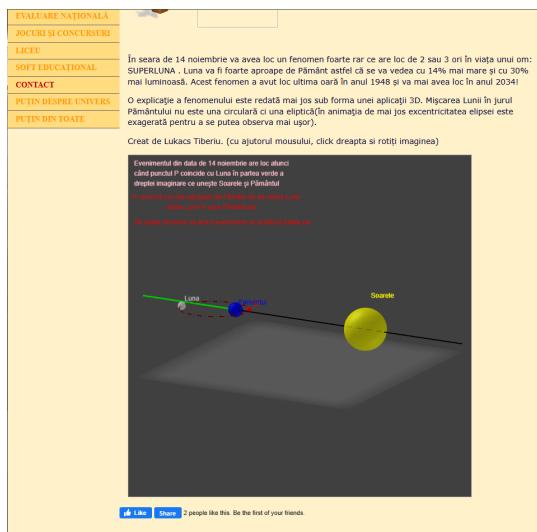


Figure 3.3: Simulări de pe platforma invata-mate.com

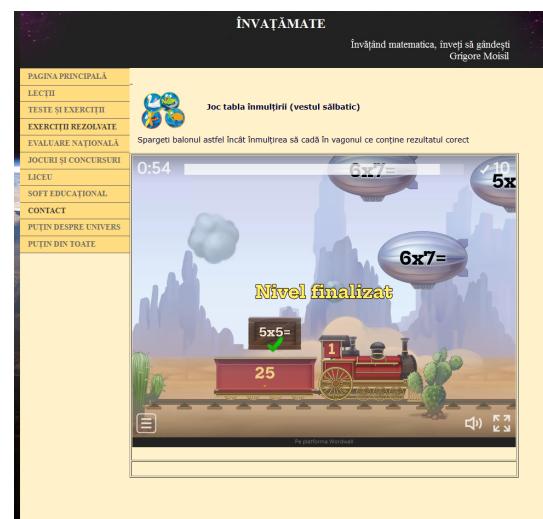


Figure 3.4: Jocuri de pe platforma invata-mate.com

3.1.3 Mozaweb.com

Această soluție are o arhitectură cu produse pentru mai multe roluri (pentru elevi, pentru profesori, pentru școli) și o experiență de utilizare plăcută și intuitivă. Se poate observa în captura de ecran de mai jos cum arată interfața de întâmpinare a utilizatorului.

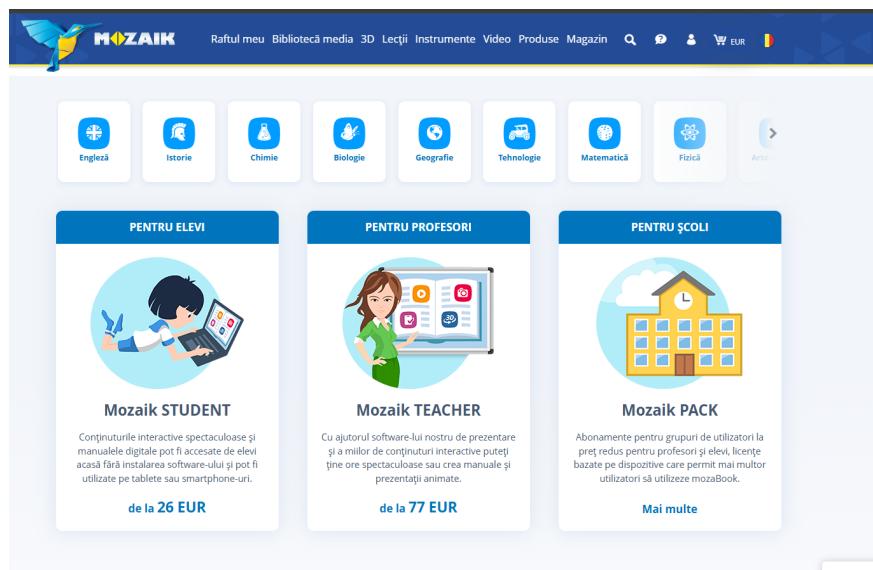


Figure 3.5: Captură de ecran de pe platforma mozaweb.com

Se poate observa suportul pentru numeroase materii și din zona STEM, dar și pentru alte domenii. De asemenea, platforma are simulări foarte profesioniste și interactive, dar dezavan-

tajele mari sunt prețurile abonamentelor pentru că discutăm de o platformă comercială și nu gratuită. De asemenea pentru simulări este necesar să se instaleze un plugin extern, reducând astfel accesibilitatea platformei. Se poate observa mai jos gama de simulări și necesitatea plugin-ului.

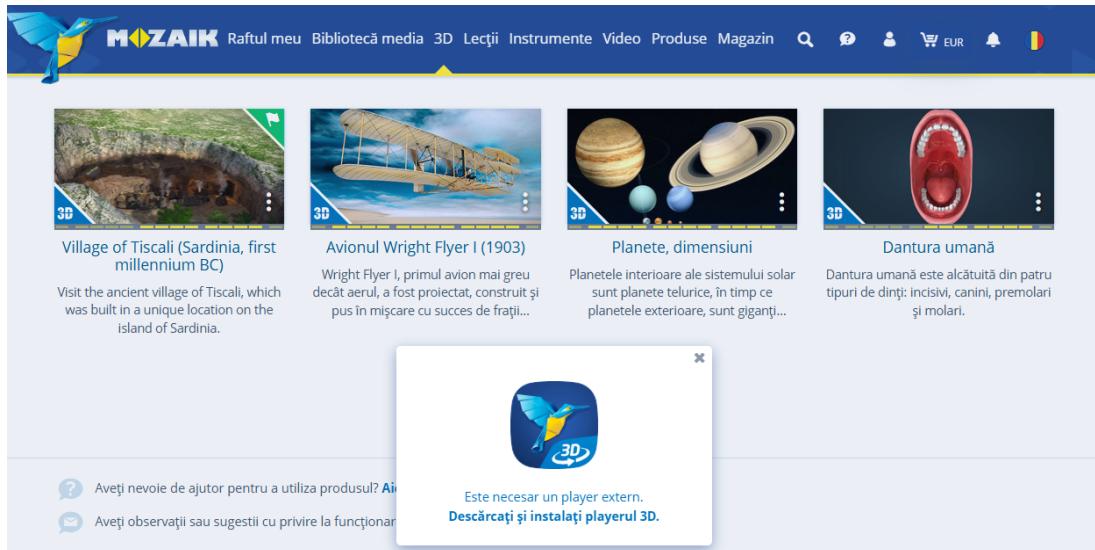


Figure 3.6: Simulări și dovada plugin-ului necesar pentru a le rula

Ținta aceste platforme este una comercială mai mult decât educațională, iar prețurile sunt relativ mari pentru toate tipurile de utilizatori.

3.1.4 iqboard.ro

Ultima soluție analizată este iqboard.ro, o platformă care oferă o suiată de resurse educaționale în limba română, cu multiple moduri de lucru, multi touch, bazat pe un sistem de abonamente. Are o interfață interesantă și atractivă și suport extins educațional după cum se poate observa în captura de ecran de mai jos (figura 3.7).

Dezavantajele majore sunt prețurile extrem de mari pentru utilizatori (la nivel de sute de euro după cum se poate observa în figura 3.7). Prețul este relativ nejustificat deși materialele sunt de calitate bună și platforma are un design interactiv și atractiv. În figura 3.8 se poate urmări un exemplu de simulare disponibilă pe platformă. Platforma are moduri separate pentru pregătire, predare și mod desktop, dar nu are un sistem de management al utilizatorilor sau vreun sistem de evaluare sau urmărire a progresului utilizatorilor.

Ca alte funcționalități, platforma se laudă cu modul multi-user care poate fi folosit în modul tabla sau full-screen. După selectarea instrumentului dorit, utilizatorii pot lucra simultan pe

tabla, cu modul multi-screens (modul petrecere), cu posibilitate de folosire simultană a două table interactive (modul MX2) și cu modul răspuns interactiv.



Figure 3.7: Captură de ecran de pe platforma iqboard.ro

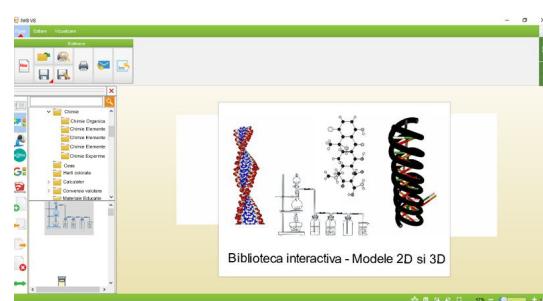


Figure 3.8: Simulări de pe platforma iqboard.ro

3.2 Raportarea la alte soluții

- O singură platformă completă pentru toate materiile STEM** În timp ce Phet sau Invatamante se concentrează mai mult pe un subiect, VisioScience3D va oferi un mediu unicat cu module interactive de matematică, fizică, chimie, informatică și chiar astronomie, reducând necesitatea schimbării constante de aplicații.
- Simulări 3D real-time și configurabile** Mozaweb de exemplu are mult suport pentru scene 3D, dar ele sunt predefinite și nu pot fi adaptate dinamic. VisioScience3D permite ajustarea parametrilor în timp real (forțe, unghiuri, constante) și animarea vectorilor.
- Dashboard de monitorizare a progresului** Lipsa de raportare în timp real este o problemă la majoritatea soluțiilor gratuite. Profesorii pot vizualiza instantaneu statistici legate de scoruri, dificultăți întâmpinate și pot adapta testele în funcție de nevoile elevilor.
- Gamificare** Majoritatea platformelor nu au un sistem de gamificare bine definit. VisioScience3D va include elemente de gamificare pentru a spori implicarea elevilor.

3.3 Motivația alegerii VisioScience3D de către utilizatori

VisioScience3D răspunde foarte bine nevoilor profesorilor și elevilor de azi. Oferă simultan simulări 3D real-time pentru toate disciplinele STEM, configurabile direct în browser în platformă, fără pluginuri externe. În timp ce multe platforme existente fie acoperă doar un număr

limitat de subiecte, fie implică licențe costisitoare sau dependențe externe (Mozaweb, IQBoard). VisioScience3D pune la dispoziție un mediu unic, adaptat programei românești. Profesorii pot monitoriza progresul elevilor prin dashboard-uri integrate și primesc rapoarte detaliate. Prin modelul gratis și nivelul simulărilor suportate, VisioScience3D este un ecosistem complet, flexibil și orientat spre rezultatele elevilor.

Chapter 4

Tehnologii utilizate pentru front-end

4.1 Soluția de front-end

4.1.1 Framework principal

Frameworkul principal pe care l-am folosit este React JS, care este o tehnologie foarte populară și răspândită bazată pe JavaScript. În alegerii de tehnologie pentru front-endul platformei Visio-Science3D, am concentrat atenția pe criterii precum maturitatea ecosistemului, performanță, curba de învățare, flexibilitate în personalizare și capacitatea de integrare cu biblioteci 3D. Dintre principalele opțiuni (Vue.js, Angular, Svelte), React s-a impus datorită următoarelor avantaje:

- **Ecosistem matur și susținere largă:** React are o comunitate activă de milioane de dezvoltatori, cu un număr impresionant de librării, tutoriale și un suport consistent din partea Meta. Această resursă ne-a permis să adoptăm rapid bune practici și să găsim soluții la provocări specifice dezvoltării 3D.
- **Model declarativ și component-driven:** React oferă un mod de declarare detaliată în descrierea interfeței, ideal pentru scene 3D complexe, unde starea se propagă predictibil prin componente. Aceasta ușurează managementul ciclului de viață al obiectelor din biblioteca 3D, reducând riscul de actualizări inconsistente.

- **React Router DOM:** Pentru că oferă o soluție de rutare foarte ușoara în navigarea între diferitele secțiuni ale platformei (fizică, chimie, astronomie etc.) prin React Router DOM ce oferă simplitate în definirea rutelor și suportul pentru încărcare întârziată de module. Alternativele (Vue Router, Angular Router) sunt la fel de capabile, însă integrarea lor cu React Three Fiber, care vom vedea este baza în simulările 3D, ar fi impus un strat suplimentar de interoperabilitate.

Pe zona de stilizare a interfeței, am optat pentru Tailwind CSS, un framework CSS utilitar care ne-a permis să creăm un design personalizat. Am comparat framework-uri clasice de CSS (Bootstrap, Material UI) cu Tailwind CSS și am observat următoarele avantaje:

- **Utilitare-întâi și JIT:** Tailwind oferă clase utilitare care permit definirea rapidă a layout-urilor și a stilurilor unice, fără a scrie sutele de linii de CSS personalizat. Motorul JIT (Just-In-Time) generează doar clasele folosite, menținând pachetul final mai mic.
- **Consistență și flexibilitate:** În loc să ne încărcăm aplicația cu componente predefinite, am putut construi ună interfață coerentă, respectând paleta de culori și spațiile dorite, fără a rescrie componente UI complexe.
- **Integrare strânsă cu React:** Utilizarea className din JSX se potrivește natural cu Tailwind, iar plugin-urile precum @tailwindcss/forms facilitează stilizarea formularelor și input-urilor.
- **Extensibilitate:** Tailwind permite personalizarea ușoară a temelor, adăugarea de pluginuri și crearea de componente reutilizabile, fără a sacrifica viteza de dezvoltare.

Bibliotecile de creare și gestionare a graficii 3D sunt esențiale pentru platforma noastră, iar pentru a crea simulări interactive, am ales Three.js, o bibliotecă JavaScript populară. Three.js oferă un API puternic pentru crearea de scene 3D, animații și interacțiuni și împreună cu React Three Fiber (R3F), o bibliotecă care integrează Three.js cu React, am putut să ne concentrăm pe dezvoltarea rapidă a aplicațiilor 3D fără a ne preocupa de detaliile de implementare ale Three.js. Utilizarea peste a Drei, ce conține o suiată de componente și utilitare pentru R3F, a permis accelerarea procesului de dezvoltare, oferind soluții gata făcute pentru anumite probleme comune.

Câteva dintre beneficiile integrării cu Three.js prin React Three Fiber și Drei care au făcut alegerea justificată sunt:

- **Abstracție declarativă:** R3F “împachetează” API-ul imperativ Three.js într-un DSL React, permitându-ne să definim scene, obiecte și materiale în JSX, sub formă de componente. Astfel, putem folosi hook-uri (useFrame, useLoader) pentru a sincroniza animațiile și resursele fără prea mult cod duplicat.
- **Ecosistem Drei:** Biblioteca Drei aduce peste 100 de componente existente (OrbitControls, Text, etc.), accelerate de comunitate, care au economisit timp de implementare.
- **Optimizări de performanță:** Datorită reconciler-ului React, R3F actualizează doar părțile din scenă care se schimbă.

Așadar, combinația React + React Router DOM + Tailwind CSS + React Three Fiber + Drei ne-a oferit un stack unificat, performant și ușor de întreținut, bine adaptat pentru dezvoltarea rapidă de simulări 3D interactive în browser și pentru extinderea ușoară a platformei Visio-Science3D. Se poate observa în figura 4.7 cum arată arhitectura simplificată a frontend-ului platformei.

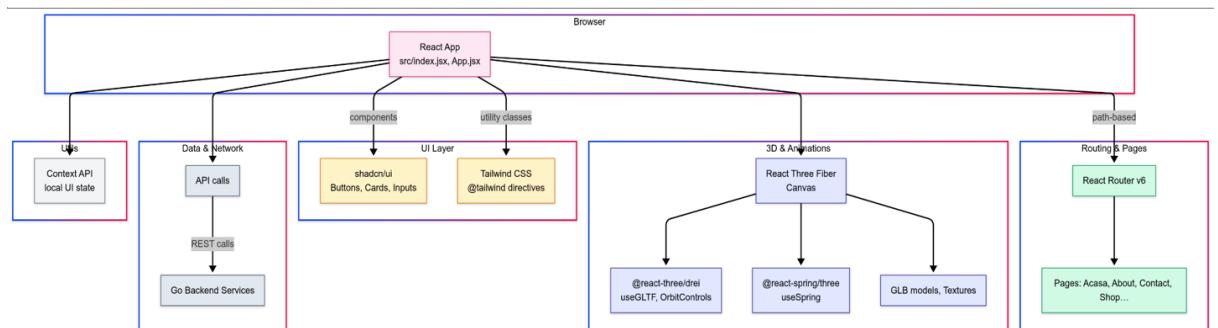


Figure 4.1: Diagrama de design principală a frontend-ului

4.1.2 Framework 3D

După cum am discutat anterior, frameworkul 3D ales este React Three Fiber, care este o bibliotecă care integrează Three.js cu React, permitându-ne să creăm scene 3D într-un mod declarativ și reactiv. Aceasta se bazează pe principii de WebGL combinate cu ce poate oferi React, cum ar fi componentizarea și gestionarea stării. R3F ne permite să creăm scene 3D complexe folosind JSX și să integrăm hook-uri ca:

- **useFrame:** Acesta permite să actualizăm scena la fiecare cadru, facilitând animațiile și interacțiunile în timp real.
- **useLoader:** Acesta ajută să încărcăm resurse externe (texturi, modele 3D) într-un mod eficient, folosind promisiuni pentru a gestiona încărcarea asincronă.

- **useThree:** Aceasta oferă acces la obiectul Three.js curent, permitându-ne să interacționăm direct cu scena, camera și renderer-ul.
- **useRef:** Aceasta permite să creăm referințe la obiectele din scenă, facilitând manipularea lor direct în timpul animațiilor sau interacțiunilor.
- **useState:** Aceasta permite să gestionăm starea componentelor, facilitând actualizarea și redarea dinamică a obiectelor din scenă.
- **useEffect:** Aceasta permite să gestionăm efectele secundare, cum ar fi adăugarea de evenimente sau actualizarea stării în funcție de modificările din scenă.

Pentru integrarea obiectelor cu extensia .glb am folosit un convertor gltf și anume [20] care ne permite să convertim modele .glb în componente React Three Fiber oferind grupuri de mesheruri și materiale. Acest lucru a permis să importăm modelele 3D direct în aplicația React și să creăm diverse manipulări și animații folosind API-ul R3F.

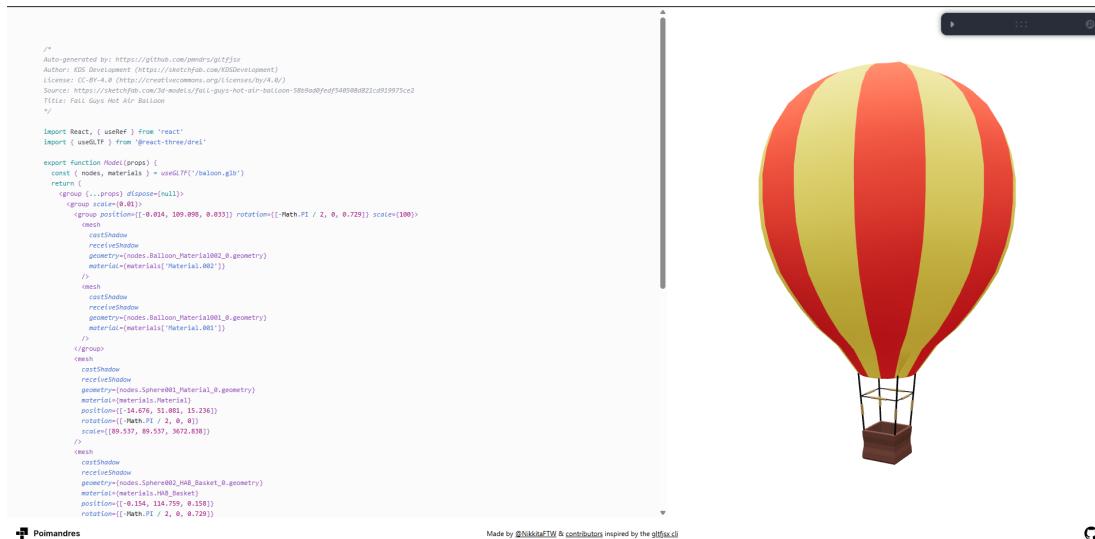


Figure 4.2: Exemplu de convertire a unui model 3D .glb în R3F

4.1.3 Modelare 3D

Am folosit Blender pentru a crea modelele 3D utilizând modele și primitive existente pe internet. De exemplu modelul paginii principale a fost făcut din primitive de insule și castele și adaptat la un număr de insule potrivit materiilor din meniu, cât și loc pentru suport viitor pentru alte materii.

Putem observa în figura următoare dezvoltarea modelului în Blender.

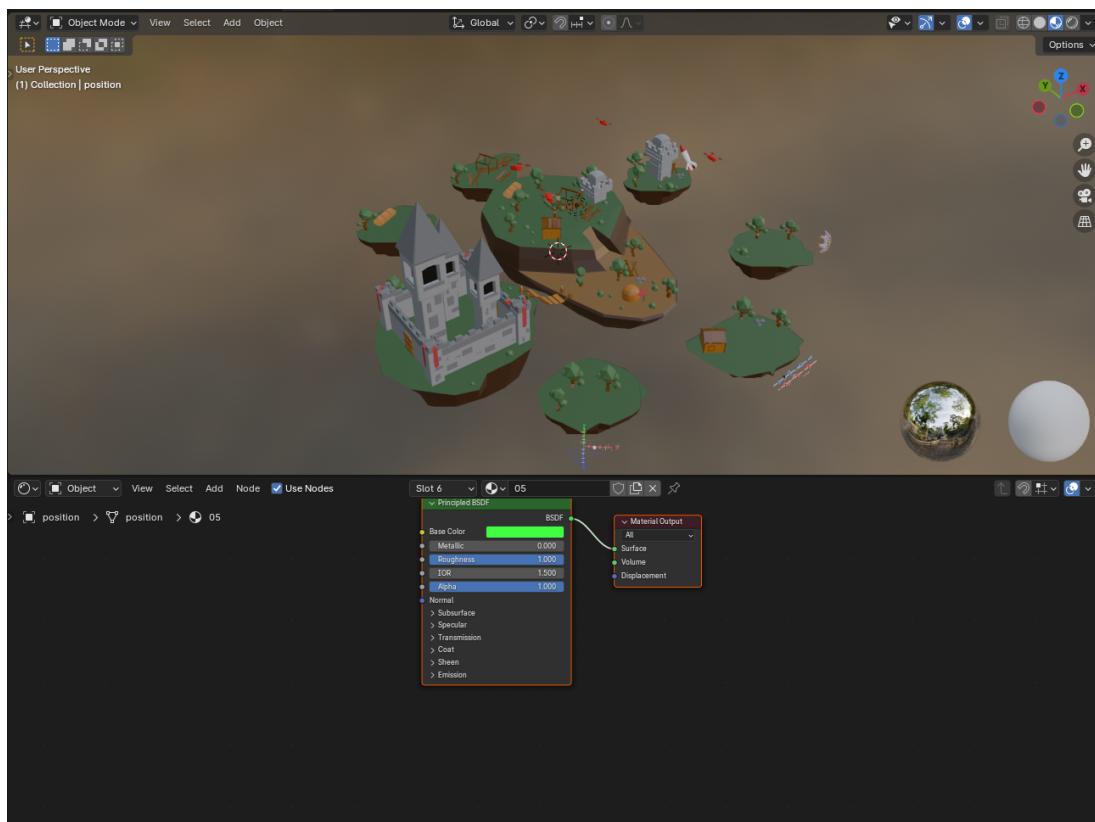


Figure 4.3: Modelul paginii principale în Blender

La acest model s-au adăugat animații de rotație și schimbare a state-ului la mișcarea mouse-ului, animație continuă de plutire și animații realiste de zbor pentru dronele din jurul insulelor.

4.2 Solutia UI/UX

4.2.1 Brandingul proiectului

Paleta de culori

Brandingul VisioScience3D se bazează pe o paletă caldă, prietenoasă și destul de pastelată, menită să creeze o atmosferă de joc și luminoasă pentru elevi. Fundalurile folosesc un gradient subtil de la #fdf4ff (alb-roz pal) prin #f3e8ff (lavandă delicată) spre #fff7ed (piersică pal), în timp ce culorile de accent dau personalitate interfeței: nuanța profundă de mulberry (#690375) marchează elementele active, bordurile și textele importante, iar tonul rosy-brown (#AE847E) individualizează secțiunile de chimie și astronomie. Pentru evidențierea vizualizărilor 3D am introdus un violet închis (#4f46e5). Culorile reflectă o atmosferă dinamică și energetică, încurajând explorarea și învățarea.

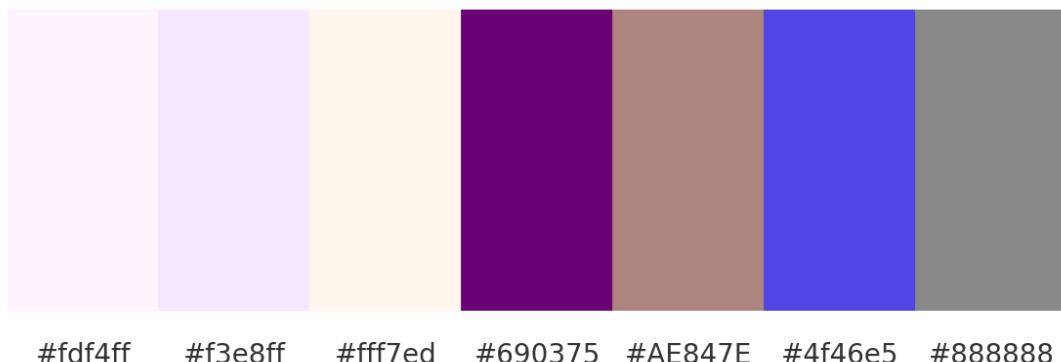


Figure 4.4: Paleta de culori a platformei

Logo-ul

Logo-ul VisioScience3D este relativ simplu și în temă cu paleta de culori, fiind reprezentat de cuvantul "VisioScience3D" scris cu un font prezentativ și colorat cu un gradient de la mov la mulberry (#690375).



Figure 4.5: Logo-ul platformei

Mascota platformei

Mascota proiectului este un balon care se apropie de paleta de culori a platformei și care simbolizează explorarea și învățarea. Balonul apare în toate paginile importante ale platformei și este de fiecare dată animat potrivit acțiunilor paginii respective. De exemplu, pe pagina de înregistrare mascota se mișcă în sus și în jos când utilizatorul scrie în câmpurile de înregistrare, iar pe la înregistrare reușită mascota sare în sus și în jos pentru câteva secunde. Balonul mascotă este și principalul caracter de explorare a meniului principal, învărtindu-se între insule pentru a ajunge la diferitele materii.



Figure 4.6: Mascota platformei

Se poate observa și o captură în timpul animației facută la succesul la înregistrare.

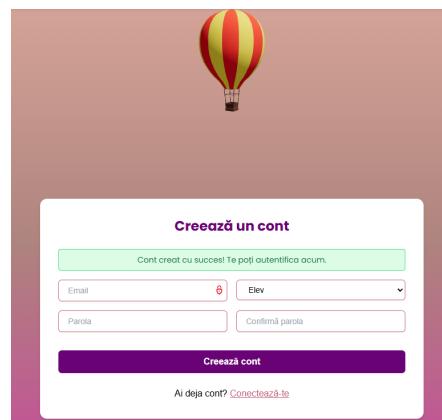


Figure 4.7: Captură de ecran a mascotei la înregistrare

4.2.2 Experiența utilizatorului

TO DOOO

Navigarea în platformă

Crearea componentelor UI

Designul interfeței utilizatorului

4.3 Soluția de creare a scenelor 3D

4.3.1 Utilizarea tehnologiilor WebGL și Three.js

Crearea și gestionarea scenelor 3D

Scenele 3D se creaza folosind tagul de tip Canvas din React Three Fiber, care ne permite să definim o zonă de desenare 3D în care putem adăuga obiecte, camere și lumini. Acestea sunt gestionate printr-o ierarhie de componente React, fiecare reprezentând un obiect 3D sau un grup de obiecte.

Se foloseste tagul `a` din `@react-spring/three` care ne dă acces la grupuri de meshe-uri și materiale, permitându-ne să transformăm obiecte `glb` în `jsx`.

Interacțiunea cu obiectele 3D

Folosim `useFrame` pentru a actualiza scena la fiecare cadru, simulând callback-urile clasice din loop-urile din jocuri. `UseEffect` e utilizat să actualizeze starea componentelor în funcție de modificările din `props`, practic folosind `addEventListener` pentru a asculta evenimentele de schimbare a stării pe canvas sau document. `UseRef`, `UseGLTF` și `UseThree` au rolul de a crea referințe la obiectele din scenă, permitându-ne să le manipulăm direct în timpul animațiilor sau interacțiunilor. Folosim callbackuri de bază ca și `stopPropagation` pentru a preveni propagarea evenimentelor mouse-ului de exemplu și `preventDefault` pentru a preveni comportamentele implicate.

Optimizarea performanței graficii 3D

Pentru a optimiza performanța graficii 3D pe framework-ul bazat pe WebGL, se abordează câteva tehnici generale:

- **Reducerea numărului de draw calls:** Combinăm mesh-urile similare folosind BufferGeometry pentru a limita costul fiecărui cadru.
- **Frustum culling și occlusion culling:** WebGL elimină automat obiectele aflate în afara câmpului vizual, iar React Three Fiber expune aceste mecanisme nativ, astfel încât obiectele invizibile nu sunt trimise GPU-ului.

React Three Fiber (`react-three/fiber`) și Drei (`react-three/drei`) ne oferă setări și hook-uri dedicate pentru performanță:

- <Canvas dpr=[1,1] /> limitează *device pixel ratio* la un interval controlat, prevenind supraîncărcarea GPU-ului pe ecrane cu densitate mare.
- Proprietatea `performance={ min:0.5, max:1 }` ajustează dinamic rata de reîmprospătare a canvas-ului în funcție de activitate, reducând numărul de cadre când scena este statică.
- Hook-ul `useTexture` din Drei preîncarcă și cache-uește texturile, evitând alocări repetate și blocări de I/O în bucla de randare.

În proiectul *VisioScience3D* am aplicat aceste principii astfel:

- Texturile sunt decupate și redimensionate la rezoluții de $1k-2k$ și convertite în formate comprimate (JPEG/PNG cu bitrate optim), reducând traficul GPU.
- Geometria sferică a planetelor folosește un număr optim de segmente (32–64), echilibrând netezimea cu numărul de vârfuri procesate.
- Am folosit React.`memo` și `useMemo` pentru a nu recrea geometrii și materiale la fiecare rerender React, iar animațiile rulează exclusiv pe GPU prin `useFrame`.
- Setările WebGL `toneMapping` și `outputEncoding` sunt ajustate pentru a profita de hardware-ul mai slab și cel mobil cu `powerPreference: "low-power"`, asigurând stabilitate și consum redus de resurse.

Pentru a optimiza performanța graficii 3D, folosim texturi de dimensiuni mici și medii și

4.3.2 Integrarea cu frontendul

TO DOOOOOOOOOO

Chapter 5

Tehnologii utilizate pentru back-end

5.1 Descrierea arhitecturii

5.1.1 Configurarea clusterului

5.1.2 Rutarea și gestionarea traficului

5.2 Descrierea serviciilor

5.2.1 Descrierea API-urilor

5.2.2 Baze de date

5.3 Securitate

5.4 CI/CD

5.4.1 Deployment

5.4.2 Metrici / Monitorizare

5.5 Soluția de baze de date

5.5.1 Structura bazei de date

Tipuri de baze de date utilizate / Motivația alegerii

Gestionarea datelor

5.5.2 Securitatea datelor

Backup și restaurare

Chapter 6

Detalii de implementare

6.1 Back-end

6.1.1 Configurare back-end

6.1.2 Dezvoltare back-end

6.1.3 Conectivitate

6.2 Front-end

6.2.1 Configurare front-end

6.2.2 Dezvoltare front-end

6.2.3 Conectivitate

Chapter 7

Scenarii de utilizare

7.1 Înregistrare si autentificare utilizator

7.2 Explorarea meniul principal

7.3 Accesarea secțiunilor educaționale

7.4 Interacțiunea cu scenele 3D educaționale

7.5 Gestionarea profilului de profesor

7.5.1 Crearea de clase și gestionarea elevilor

7.5.2 Crearea de teste și gestionarea lor

7.5.3 Vizualizarea rezultatelor

7.6 Gestionarea contului de elev

7.6.1 Intrarea în clasele profesorului

7.6.2 Accesarea testelor și vizualizarea rezultatelor

7.6.3 Rezolvarea testelor

Chapter 8

Evaluarea implementării

8.1 Evaluarea back-endului

8.1.1 Testarea back-endului

8.1.2 Monitorizarea back-endului

8.1.3 Evaluarea performanței back-endului

8.2 Evaluarea front-endului

8.2.1 Testarea front-endului

8.2.2 Monitorizarea front-endului

8.2.3 Evaluarea performanței front-endului

8.3 Testarea infrastructurii / Platformei

Chapter 9

Concluzii și perspective

9.1 Concluzii

9.2 Dezvoltare viitoare

Appendix A

Anexe

Bibliography

- [1] *Three.js*. <https://threejs.org/>.
- [2] *WebGL*. <https://www.khronos.org/webgl/>.
- [3] *React*. <https://reactjs.org/>.
- [4] *Node.js*. <https://nodejs.org/>.
- [5] *MongoDB*. <https://www.mongodb.com/>.
- [6] *Express.js*. <https://expressjs.com/>.
- [7] *Docker*. <https://www.docker.com/>.
- [8] *Kubernetes*. <https://kubernetes.io/>.
- [9] *Git*. <https://git-scm.com/>.
- [10] *GitHub*. <https://github.com/>.
- [11] *Continuous Integration and Continuous Deployment*. <https://www.atlassian.com/continuous-delivery/ci-vs-ci-vs-cd>.
- [12] *Go Language*. <https://golang.org/>.
- [13] M. Horáková, L. Kovářová și P. Doležel, “3D Models and Animations in STEM Education: Czech Experiment,” *Central European Journal of Education*, 2019. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10639-024-13210-z>.
- [14] M. Ionescu și A. Popescu, “Distribuția stilurilor de învățare în rândul elevilor din România,” *Revista Profesorului*, 2020. <https://revistaprofesorului.ro/studiu-privind-invatarea-vizuala/>.

- [15] A. Miller, "Learning Styles Among School Students: A Pilot Study," *British Journal of Educational Psychology*, 2001. <https://iteach.ro/pagina/1113/>.
- [16] Y. Zhang et al., "VR/AR in STEM Learning," *PubMed*, 2024. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39806348/>.
- [17] Frontiers in Education, "Gamification and Immersive Learning Environments," 2024. <https://www.frontiersin.org/journals/education/articles/10.3389/feduc.2024.1354526/full>.
- [18] Mindomo, "What is Visual Learning?," 2023. <https://www.mindomo.com/blog/what-is-visual-learning/>.
- [19] OECD Education Today, "Can the Targeted Use of Digital Devices Improve Learning?," 2024. <https://oecdedutoday.com/can-the-targeted-use-of-digital-devices-in-education-win-over-the-naysayers/>.
- [20] GLTF Convertor. <https://gltf.pmnd.rs/>.