

# CÂTEVA CONSIDERAȚII PRIVIND FOLOSIREA REALITĂȚII VIRTUALE ÎN PROCESUL DE INSTRUIRE SPECIFIC DISCIPLINELOR DE MECANICĂ APLICATĂ

**Prof. dr. Eur. Ing. Ionel STAREȚU**  
Universitatea „Transilvania” din Brașov



Este absolvent al Facultății TCM a Universității „Transilvania” din Brașov (1983). A obținut titlul de doctor inginer în specializarea Roboți industriali în 1995. Specializări în: Tribologie (Universitatea „Transilvania” – 1990), Robotique et Productique (INSTN din Saclay, Franța – 1992/1993), Managementul organizației (IAI și Universitatea „Transilvania” - 1999/2000), Managementul calității (2003) și Auditul calității (2004) la Universitatea „Transilvania”. Din 2003 este expert tehnic extrajudiciar și consultant certificat de CERTEXPERT – București și A.E.X.E.A. – Paris. Activează din 1985 la catedra de Design de Prods și Robotică de la Universitatea „Transilvania” din Brașov. A publicat: 4 cărți, 5 lucrări didactice și peste 128 de articole științifice în țară și în străinătate. Este autor sau coautor la 11 brevete de invenție. A contribuit la rezolvarea a peste 24 granturi de cercetare științifice naționale și internaționale (la 4 ca director de grant). Este președintele Filialei Brașov a Societății Române de Robotică, vicepreședinte al Filialei AGIR Brașov, membru ARoTMM și expert în Robotică al Societății Academice din România, membru CRIFȘT – Academia Română. Este conducător de doctorat în domeniul Ingineriei industriale.



**Drd. ing. prof. Cristian DUDULEAN**  
Grup Școlar Industrial Râșnov

Este absolvent al Universității „Transilvania” din Brașov, Facultatea de Tehnologia Construcțiilor de Mașini, Secția Tehnologia Construcțiilor de Mașini. A efectuat stagiul la Întreprinderea de Scule Râșnov, în cadrul sectorului Autoutilări și scularie. Din 1986 este cadru didactic titular, în cadrul catedrei tehnice, la Grupul Școlar Industrial Râșnov, obținând gradul didactic I în 2003. A absolvit programul de specializare postuniversitară în Informatică aplicată, în cadrul Universității „Transilvania” din Brașov, Facultatea de Electrotehnică, în 2001. A publicat articole de specialitate în buletinele unor conferințe de specialitate din țară și din străinătate.

**REZUMAT.** În această lucrare, la început este argumentată necesitatea formării profesionale pe bază de abilități cheie formulate în Standardele de pregătire profesională, care presupune parcurgerea unui curriculum în care cultura de specialitate cuprinde o serie de discipline tehnice structurate în formă modulară, ale căror conținuturi vizează, pe lângă aspecte teoretice și aspecte practice, incluse în lucrări de laborator tehnologic și în lucrări de instruire practică. Într-o primă etapă aceasta se poate face folosind softuri CAD, pentru modelarea geometrică și simularea posibilităților de funcționare a modelelor tehnice dezvoltate. În a doua parte a lucrării sunt prezentate motivele introducerii realității virtuale cu imersiune în procesul de instruire teoretic și practic specific disciplinelor de mecanică aplicată. Particularizarea metodelor didactice conduce la extinderea modelului Wegener. Se descriu un post pilot cu acest scop, popularea scenei virtuale și interconectarea echipamentelor de realitate virtuală, respectiv a unei mănuși (Cyber Glove) cu scena virtuală, operații posibile în scena virtuală (cum ar fi observarea pieselor) și operații de manipulare și montare. Se descriu echipamentele principale achiziționate pentru echiparea acestui laborator virtual.

**Cuvinte cheie:** CAD, model geometric, metodă de învățare, realitate virtuală.

**ABSTRACT.** In this paper first discusses issues regarding training in mechanical design using CAD software to develop the geometric model of the components, the simulation possibilities of functioning in the case of the model developed, when it may become part of a virtual setting. We present, in the second part in the paper, in brief the reasons for the introduction of virtual reality with immersion in the processes of theoretical and practical training in mechanical disciplines. There are some considerations on the methodological implications and we propose an extension of the model Wegener. We describe a pilot station which is in progress to test the use of virtual reality in the training activities concerned. We present the first achievements in this direction namely: proper populating of the virtual setting, interconnection of Cyber Glove gloves with the virtual setting and manipulating of virtual parts for visual observation and simple assembly operations. We shown the main equipments for a virtual reality laboratory for applied mechanics too.

**Keywords:** CAD, geometric model, teaching method, virtual reality.

## 1. INTRODUCERE

Dinamica pieței muncii impune adaptarea ofertei educaționale a unităților de învățământ la cerințele acesteia, atât în ceea ce privește calificările și numărul de absolvenți, cât și, mai ales, în ceea ce privește calitatea cunoștințelor dobândite de aceștia. Problema trebuie privită în contextul tendințelor europene de pe piața muncii (de exemplu, potrivit EURES, în primul semestru al anului 2009 oferta firmelor străine a fost cu 56% mai mare decât cea din aceeași perioadă a anului 2008), încercându-se depășirea barierelor legate de integrarea absolvenților pe plan local. Schimbările rapide de pe piața muncii presupun dezvoltarea unei capacități de anticipare a managerilor la elaborarea ofertei educaționale. Ce locuri de muncă vor fi disponibile peste 10 ani? Formările pe care le urmăm acum ne vor fi de folos pentru găsirea unei slujbe în viitor? Se înregistrează schimbări ale calificărilor necesare și ale locurilor de muncă, peste tot în UE? Iată numai câteva dintre problemele care ar trebui luate în considerare la elaborarea unei oferte educaționale articulate. De altfel statele membre ale UE au solicitat Comisiei Europene să estimeze care vor fi cerințele în materie de competențe în Europa, până în 2020, prin inițiativa „noi competențe pentru noi locuri de muncă” [1]. Rezultatele studiului sunt prezentate detaliat în [2]. Inițiativa menționată va contribui la:

- ameliorarea capacității de anticipare și sincronizare a pieței locurilor de muncă și a calificărilor necesare, la nivel european;
- atingerea obiectivelor stabilite în cadrul strategiei UE pentru creștere economică și ocuparea forței de muncă;
- optimizarea inițiativelor și instrumentelor deja existente;
- colectarea rezultatelor comparabile la nivel european;
- promovarea unei piețe a locurilor de muncă cu adevărat europene, cu locuri de muncă și formări care corespund așteptărilor și nevoilor de mobilitate ale cetățenilor [3].

Ca urmare, provocările majore ale proceselor educaționale din prezent sunt: pe de o parte, ajungerea într-un timp cât mai scurt la o competență corespunzătoare cerințelor diverselor activități existente pe piața muncii, în continuă diversificare și cu creștere a gradului de complexitate, iar pe de altă parte modernizarea permanentă a metodelor, tehnicilor și echipamentelor folosite în procesul instructiv-educativ. Aceste cerințe sunt de o deosebită importanță în instruirea tehnicienilor la nivel liceal, respectiv a specialiștilor (inginerilor), la nivel universitar, cu precădere în specializările tehnice de vârf (mecatronică, automatică, electronică etc.). În

acest context, datorită unor cerințe crescute privind competențele în aceste domenii, este necesară și introducerea unor metode, tehnici și echipamente de ultimă generație.

Absolvenții, în special cei ai nivelului 3, liceu tehnologic, care se califică în meserii din domeniul tehnic, trebuie, conform standardelor de pregătire profesională, să fie capabili să îndeplinească sarcini cu caracter tehnic destul de dificil de realizat în condițiile unei dotări modeste și de multe ori depășită a atelierelor școală sau a agenților economici locali. De exemplu, calificarea „Tehnician mecatronist” prevede abilități și deprinderi care să-i permită absolventului îndeplinirea unor sarcini cu caracter tehnic de montaj, punere în funcțiune, întreținere, exploatare și reparare a sistemelor mecatronice, testarea prototipurilor, conceperea și realizarea schemelor de montaj ale echipamentelor mecatronice, asigurarea controlului tehnic al instalațiilor, întreținerea sistemelor mecatronice în vederea funcționării conform specificațiilor și reglementărilor [4].

O soluționare eficientă, modernă și de perspectivă a aspectelor arătate ar putea fi utilizarea realității virtuale în procesul de instruire. Este clar pentru majoritatea specialiștilor că viitorul este al interfețelor 3D, reținerile fiind legate în special de costul echipamentelor și calitatea acestora (rezoluție, timp de răspuns etc.).

## 2. ARHITECTURA SISTEMULUI DE TIP VR

Calificările din domeniul construcțiilor de mașini presupun, în general, abilități și competențe tehnice cu un grad ridicat de complexitate. Necesitatea formării profesionale pe bază de abilități cheie, formulate în Standarde de pregătire profesională, presupune parcurgerea unui curriculum în care cultura de specialitate cuprinde o serie de discipline tehnice structurate în formă modulară ale căror conținuturi vizează, pe lângă aspecte teoretice, și aspecte practice incluse în lucrări de laborator tehnologic și în lucrări de instruire practică. Desfășurarea instruirii pe baza unor strategii moderne, centrate pe elev sau pe student, presupune existența unor laboratoare cu o dotare corespunzătoare, condiție dificilă astăzi pentru multe unități de învățământ. Soluția propusă în articolul de față are în vedere realizarea unui laborator tehnologic bazat pe tehnici de realitate virtuală, cu prezentarea concretă a echipamentelor și tehnologiilor necesare.

Sistemele de tip VR au trei caracteristici principale, care, de altfel, le și diferențiază:

- interacțiunea;

- imersivitatea;
- deplasarea în mediul virtual (navigarea).

O clasificare a sistemelor de tip VR s-a prezentat în [5]. Schema bloc generală a unui sistem de realitate virtuală este prezentată în figura 1.

Scopul principal al proiectanților specializați în arhitectura sistemelor bazate pe realitate virtuală este maximizarea posibilităților de reutilizare a softurilor și datelor astfel încât acestea să poată fi utilizate la o cât mai mare varietate de aplicații VR. În ansamblul său, un sistem VR generic are o arhitectură structurată pe trei niveluri principale: nivelul de aplicație, nivelul grafic, nivelul de randare.

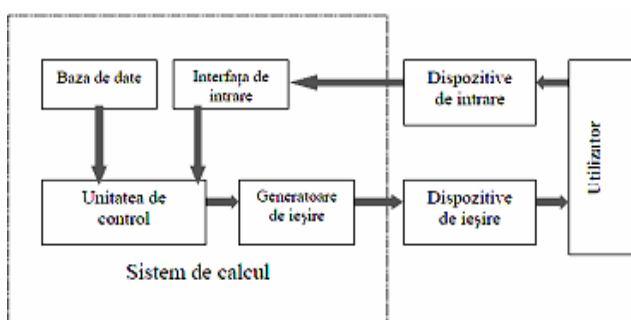


Fig. 1. Schema bloc a unui sistem de realitate virtuală [6].

Nivelul de aplicație este al interfeței sistemului cu utilizatorul (GUI - grafic user interface), utilizându-se în acest scop diverse programe specializate. Nivelul grafic gestionează modelele 3D, comportamentul acestora pe scena virtuală precum și controlul evenimentelor. Randarea se referă la aplicarea diverselor tehnologii de iluminare a obiectelor și de proiectare a acestora în spațiul bidimensional al imaginii [7].

### 3. CONCEPTE DE BAZĂ PRIVIND UTILIZAREA REALITĂȚII VIRTUALE ÎN ACTIVITĂȚILE DIDACTICE

Ideea utilizării realității virtuale în activitățile didactice nu este nouă, existând studii relativ temeinice efectuate în acest sens [8], departe însă de soluționarea integrală a problemelor generate de această abordare. Pe baza a ceea ce s-a realizat deja până în prezent se consideră că folosirea realității virtuale adaugă valoare metodelor tradiționale de învățare la clasă, în primul rând prin faptul că participanții sunt puși în situații de învățare/instruire specifice, cerute de realizatorul aplicației, scopul final fiind îmbunătățirea metodelor de învățare, instruire și educare.

Realitatea virtuală în activitatea didactică implică mai multe aspecte, și anume:

- elaborarea unui model pedagogic;
- precizarea echipamentelor hard și a tehnologiilor soft necesare;
- elaborarea unui ghid de proiectare a aplicațiilor pentru profesor;
- elaborarea unui ghid de utilizare a aplicațiilor;
- elaborarea instrumentelor de evaluare.

Modelul pedagogic specific învățării prin realitate virtuală trebuie conceput din punct de vedere cognitiv și afectiv astfel încât să transmită utilizatorului:

- nivelul la care se află acesta;
- deprinderile pe care trebuie să le exerseze;
- posibilitatea ca prin antrenament și repetare în mediul virtual să dobândească deprinderi, abilități, atitudini și competențe noi;
- posibilitatea învățării în ritm propriu.

Aplicațiile proiectate vor fi orientate spre abilitatea sau deprinderea tehnică din standardul de pregătire profesională pe care elevul urmează să și-o însușească. Se permite astfel elaborarea unor pachete de aplicații standardizate în care să apară tutoriale inteligente de instruire și evaluare. Rolul profesorului la clasă capătă, în acest fel, un plus în planul parteneriatului și al îndrumării celui instruit.

Extrem de importantă este stabilirea momentului din care este nevoie de intervenția profesorului și care este rolul acestuia în aplicație. Respectarea celor arătate va asigura înțelegerea învățării prin realitate virtuală și va garanta însușirea competențelor preconizate [8].

### 4. CARACTERISTICILE SISTEMELOR DE INSTRUIRE PRIN REALITATE VIRTUALĂ

Fiind un proces de instruire în care este implicat calculatorul, aplicațiile didactice cu tehnici de realitate virtuală, trebuie să se integreze în teoriile și modelele sistemelor de instruire asistată de calculator. Literatura de specialitate furnizează o bogată bibliografie în acest sens [9]. Există o multitudine de denumiri și termeni, dominant fiind acronimul CBT (Computer Based Trainig) din modelul propus de Wegener [10] (fig. 2).

Se cuvine făcută precizarea că realitatea virtuală nu aduce un simplu aport cantitativ de echipamente 3D (mănuși, ochelari, căști audio). Prin faptul că realitatea virtuală este un mediu generat de calculator, în care, prin imersie, cel instruit desfășoară activități în timp real, fără a mai avea contact cu mediul exterior, caracteristicile unui astfel de sistem vor fi diferite față de sistemele de instruire asistată de tip C.A.I. (Computer Assisted

Instruction). Chiar și modurile de lucru diferă, nu neapărat prin denumire, ci mai ales prin esență. Sistemele de instruire asistată de calculator din modelul Wegener sunt aplicații neimersive de tip desktop, cu grad de interactivitate la nivel de mouse, joystick, cel mult ecran senzitiv.

Realitatea virtuală poate avea următoarele niveluri de realizare [11]: **cu vizualizare**, când se realizează o modelare 3D a realității, cu caracteristici performante ale graficii pentru a putea fi afișată în timp real imaginea corespunzătoare în funcție de mișcarea operatorului; **cu navigare**, care poate fi *imersivă* (la mișcarea capului în față obiectele rămân în urmă) sau *neimersivă* (fără mișcarea operatorului se avansează cu ajutorul unui joystick sau mouse); **cu interacțiune**, care poate fi *imersivă* (cu o mănușă data-glove se transmit mișcările la o mână virtuală ce manipulează obiectele) sau *neimersivă* (obiectul este selectat cu ajutorul cursorului și este deplasat cu ajutorul mouse-ului); **cu fizicalitate**, când obiectele au caracteristici fizice ca: greutate, duritate, inerție etc.

Totodată putem deosebi: **realitate virtuală propriuzisă** (scena virtuală conține numai obiecte virtuale) și **realitate virtuală augmentată** (când scena conține obiecte virtuale și obiecte fizice reale).

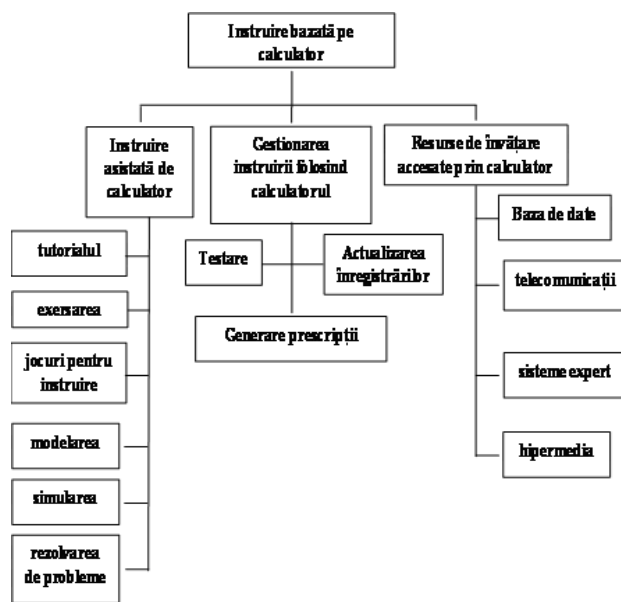


Fig. 2. Modelul Wegener.

Așadar, aplicațiile cu tehnici de realitate virtuală se înscriu cel puțin într-un model Wegener extins, dacă nu chiar un model de sine stătător care să reflecte caracteristicile amintite (fig. 3).

Modurile specifice sistemului de instruire cu calculatorul prin realitate virtuală au caracteristici diferite;

tutorialul, exercițiul, jocul educațional, modelarea, simularea și rezolvarea de probleme trebuie adaptate astfel încât să reflecte specificul realității virtuale. De asemenea, activitățile de învățare sunt diferite, de la un stil de învățare la altul, iar aplicațiile trebuie să permită îndeplinirea acestei cerințe.

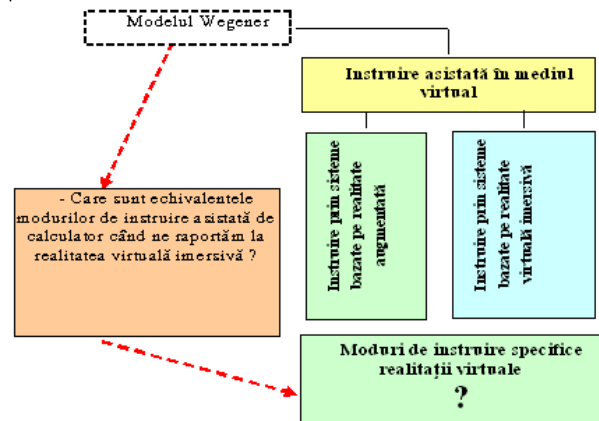


Fig. 3. Modelul Wegener extins.

## 5. POST PILOT DE INSTRUIRE FOLOSIND REALITATEA VIRTUALĂ – REALIZĂRI PARȚIALE

Pentru introducerea realității virtuale pentru instruirea la disciplinele de mecanică aplicată din curricula liceelor tehnologice, într-o primă etapă se propun realizarea unui post pilot [12], a documentației didactice corespunzătoare și parcurgerea etapelor necesare omologării și implementării acestei proceduri.

Structura postului pilot este formată din: un HMD sau, pentru început, o pereche de ochelari stereoscopici, o pereche de mănuși de tip CYBER GLOVE, interfață corespunzătoare dintre acestea și mediul virtual (VRML), un sistem de calcul și softurile corespunzătoare. În figura 4 se observă mănușa CYBER GLOVE și mâna din scena virtuală, interconectate prin interfața corespunzătoare.

Pentru început s-a realizat o scenă virtuală adecvată. Astfel, pentru aplicațiile la disciplinele vizate (mecanisme, mecanică aplicată, organe de mașini) această scenă virtuală a fost gândită ca o masă de lucru (fig. 5,a) pe care sunt diverse piese (șurub, piulită, roată dințată, rulment, arbore-ax) așezate direct pe masă sau în cutii (conțin mai multe piese de același tip). În aceasta etapă piesele respective nu au proprietăți fizice. În scena virtuală s-au introdus două mâini virtuale (fig. 5,b). S-a realizat interconectarea hard și soft dintre mănușile CYBER GLOVE și mâinile virtuale. S-a rezolvat problema manipulării pieselor de către mâinile virtuale (la

mișcarea mâinilor reale în mănușile CYBER GLOVE, pentru operații de preluare a unei piese de către o mână virtuală și orientări pentru identificarea particularităților constructive prin observare vizuală și de preluare a două obiecte (fig. 5,c) sau a câte două piese pentru simularea unei operații de montare).

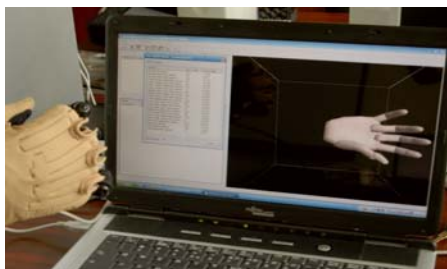
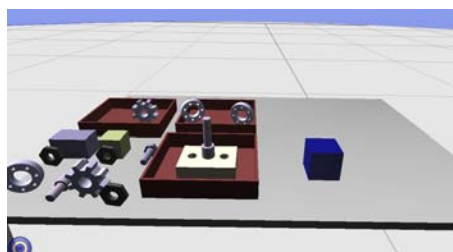
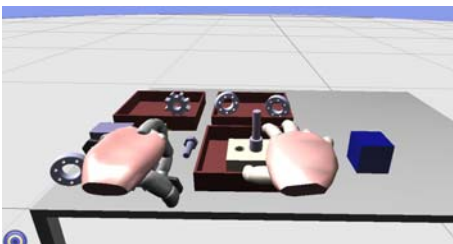


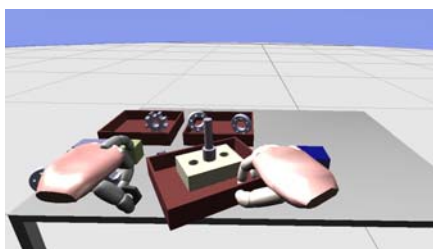
Fig. 4. Mănușa CYBER GLOVE și mâna virtuală.



a



b



c

Fig. 5. Configurația scenei virtuale și manipulări ale obiectelor virtuale.

În continuare se vor perfecționa aceste aplicații, se va urmări realizarea unor montaje mai complexe, care să ateste însușirea de către elev a obiectivelor activității respective. De asemenea, se au în vedere și adaptările necesare pentru instruirea și a studenților la disciplinele

de mecanică aplicată și, așa cum s-a arătat, în final se urmărește omologarea acestei proceduri de învățare-instruire.

Menționăm că în prezent este în curs identificarea particularităților aplicării instruirii cu ajutorul *realității virtuale* la disciplina „Sisteme de transmitere a mișcării” din cadrul curriculei liceelor cu profil tehnic.

## 6. ECHIPAMENTE SPECIFICE POSTULUI PILOT DE REALITATE VIRTUALĂ

În această etapă a proiectului s-a trecut la achiziționarea echipamentelor specifice care să asigure caracteristicile unui sistem VR cu cost scăzut. Efectul de imersivitate este dat de vizualizarea scenei virtuale printr-o cască de realitate virtuală stereo 2d/3d (head mounted display, fig. 6), VUZIX iWear AV920, reglabilă, prevăzută cu sistem audio încorporat (căști audio) și dispozitiv pentru urmărirea mișcărilor capului (head tracking).



Fig. 6. HMD – casca de realitate virtuală 2d/3d VUZIX AV920.

Echipamentul este prevăzută cu o aplicație care permite calibrarea acestuia, după trei axe, ( $x$  – pitch,  $y$  – roll,  $z$  – yaw ). Conectarea este asigurată prin cablu USB la unul din porturile calculatorului. Casca are o rezoluție de  $640 \times 480$  pixeli, ceea ce echivalează cu un ecran virtual de 62" (aprox. 1,5 metri) și este compatibilă cu majoritatea plăcilor video de pe piață.

Interacțiunea cu scena virtuală este realizată prin utilizarea a două mănuși VR (data glove) tip DG5-Vhand (fig. 7). Mănușile sunt fabricate din material lycra supraelastic, și au integrați 5 senzori de tip bandă, care măsoară poziția degetelor precum și un accelerometru după 3 axe de mișcare, capabil să măsoare rotația și unghiul de înălțime al mâinii, plus mișcările pe cele trei axe. Accelerometrul poate măsura atât accelerațiile dinamice (date de mișcarea instantanee a mâinii de-a lungul uneia dintre cele 3 axe) cât și cele statice datorate forței gravitaționale.





Fig. 7. Setul de mănuși VR stânga - dreapta.

Și în cazul mănușilor este necesară calibrarea acestora, printr-o aplicație specială, prezentată în figura 8.

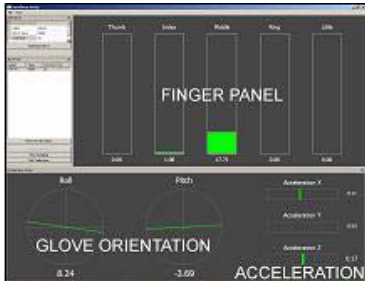


Fig. 8. Calibrarea mănușilor VR cu vizualizarea parametrilor cinematici.

Dezvoltarea aplicațiilor este realizată sub forma unor proiecte în C++, mănușile fiind incluse în proiect prin bibliotecile soft -VHandManager.lib, VhandManager.dll, Project.h, DataGlove.h, livrate odată cu mănușile. Fișierele sunt destinate unei utilizări în Windows 98/2000/XP și medii Vista. Un astfel de proiect este mâna virtuală din figura 9.



Fig. 9. Mănușa conectată cu mâna virtuală.

## 7. LABORATORUL VIRTUAL

În prima fază s-a realizat o scenă virtuală corespunzătoare aplicațiilor de la disciplinele vizate, scena prezentându-se sub forma unei mese de lucru pe care sunt plasate diverse piese și structuri mecanice simple. Modelarea s-a făcut în Solidworks (fig. 10).

Postul pilot de realitate virtuală este amplasat în laboratorul real de mecanică aplicată astfel că profesorul poate combina elemente din laboratorul real cu cele din laboratorul virtual.

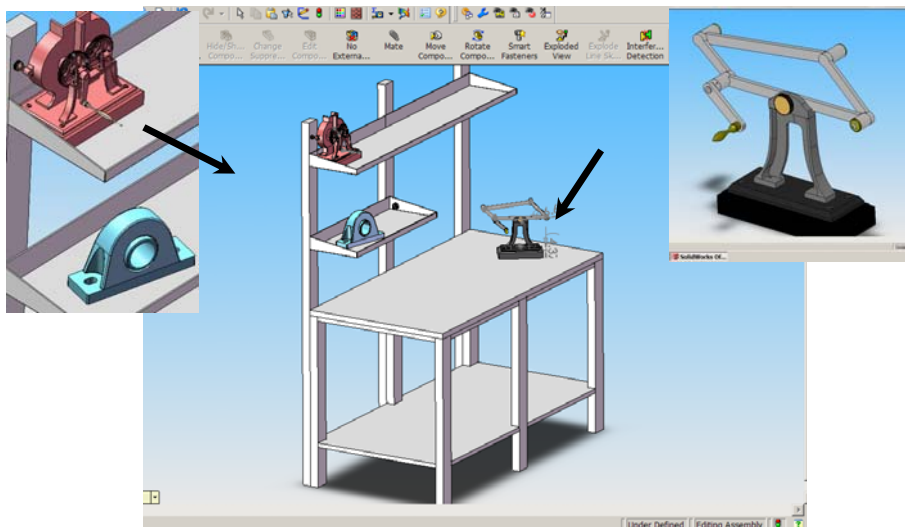


Fig. 10. Modelarea 3D a scenei și amplasarea obiectelor.

Această activitate va stimula creativitatea, imaginația, va dezvolta gândirea abstractă, capacitatea de decizie, inițiativa, spiritual de echipă, adică tocmai competențele vizate de curriculum.

Laboratorul virtual permite aplicarea unor principii de instruire moderne, cum ar fi:

- learning by doing - învățarea prin exersare;
- interaction – interacțiune cu scena și obiectele;
- hands on – posibilitatea palpării obiectelor (haptic).

Studentul/elevul poate identifica diversele organe de mașini, poate realiza asamblări de componente, poate identifica și remedia diversele erori din montaj, într-o mare varietate de exerciții, combinat cu activități din laboratorul real.

Solidworks permite exportul modelelor în VRML, astfel că modelele pot fi vizualizate, de exemplu, cu Cortona 3D.

În aceasta etapă, piesele încă nu au proprietăți fizice. În scena virtuală se introduc două mâini virtuale care se interconectează hard și soft cu mânușile VR, ceea ce permite orientări ale componentelor pentru identificarea prin observare vizuală a particularităților constructive și preluarea obiectelor pentru simularea unei operații de montare (fig. 11).

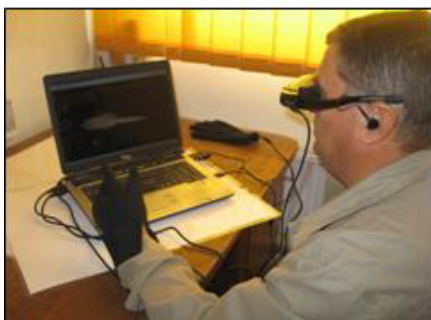


Fig. 11. Activități în laboratorul virtual

## 8. CONCLUZII

Pentru studiul modelelor s-a realizat scena virtuală sub forma unei mese de laborator, pe care se amplasează modele 3D, rezultatele fiind exportate în VRML, vizualizarea făcându-se cu Cortona 3D, iar interacțiunea prin manuşii VR.

Direcțiile de continuare a cercetării vizează următoarele aspecte:

- modelarea dinamică în vederea simulării comportamentului modelelor și vizualizarea acestora prin tehnici de realitate virtuală;
- identificarea particularităților metodicii didactice ale utilizării realității virtuale la disciplinele ingineresti de mecanică aplicată;
- aprofundarea implicațiilor de ordin psihologic, precum și corelarea dintre obiective, metode și echipamente.

## BIBLIOGRAFIE

- [1] Rezoluția Consiliului Europei din 15 noiembrie 2007 privind noile competențe pentru noi locuri de muncă, Jurnalul Oficial al Uniunii Europene din 4.12.2007.
- [2] Comisia Comunităților Europene, Bruxelles, Comunicare a comisiei către parlamentul european, consiliu, Comitetul economic și social european și comitetul Regiunilor - Noi competențe pentru noi locuri de muncă: să anticipăm și să răspundem cerințelor pieței forței de muncă în materie de competențe, 16.12.2008.
- [3] <http://ec.europa.eu/social/main.jsp?catId=568&langId=ro>
- [4] „Standard de pregătire profesională, liceu tehnologic nivel 3, tehnician mecatronist”, Anexa nr. 2 la OMEdC nr.1847 din 29.08.2007.
- [5] **Starețu, I., Dudulean, C.** „Utilizarea realității virtuale în procesul de instruire specific disciplinelor mecanice din curricula liceelor cu profil tehnic - implicații metodice”, Conferința Națională de Învățământ Virtual, ediția a V-a, Constanta, 2007
- [6] **Ionescu F.** *Grafica în realitatea virtuală*, București, 2000
- [7] **Gutiérrez, M., Vexo, A.F., Thalmann, D.** *Stepping into Virtual Reality*. Springer Verlag London Limited 2008
- [8] WG2. 9 partners Education and Training working group, Virtual Reality and learning: requirements for European support, INTUITION- IST-NMP-1-507248-2, 13/01/06
- [9] **Roșca, I. Gh., Apostol, C., Zamfir, G., Bodea, C.** *Informatica instruirii*, Editura Economică, București, 2002.
- [10] **Wegener, D. P.** „CBT Structure Chart”, <http://delweg.com/dpwessay/cbtchart.gif>, 1999
- [11] **Suarez, F.J., Alvarez, I.** „Interactive Educational Visits with Immersive Virtual Reality”, *Current Developments in Technology-Assisted Education*, FORMATEX 2006.
- [12] **Starețu, I.** „Simularea, realizarea și implementarea unui sistem pilot de instruire cu tehnologii de realitate virtuală și structuri robotice articulate dedicat disciplinelor tehnice de mecanică aplicată” - SRIPTMA. Proiect CNCIS - PN-II-ID-PCE-2008-2.