# **UNIVERSITATEA TEHNICĂ "GHEORGHE ASACHI" DIN IAȘI** FACULTATEA DE MECANICĂ

## PROIECTAREA ASISTATA DE CALCULATOR - suport de curs -Ş.1. dr. ing. Ana TUFESCU

### CUPRINS

1.	P	ROIECTAREA MODELELOR VIRTUALE	9
	1.1.	Originile CAD	9
	1.2.	Avantajele și dezavantajele utilizării CAD	10
	1.3.	Clasificarea sistemelor CAD	10
		Modelarea wireframe	11
		Modelarea suprafețelor (Surface Design)	11
		Modelarea solidelor (Part Design)	12
		Modelarea parametrică	15
	1.4.	Planul de proiectare (Design Intent)	16
2.	Р	PROIECTAREA SCHIȚELOR 2D ÎN CATIA V5	19
	2.1.	Crearea schițelor	20
		Tipuri de schițe	21
		Bara Sketch Tools	22
	2.2.	Comenzi pentru construcția profilelor	24
	2.3.	Cotarea și constrângerea schițelor	26
		Recomandări pentru constrângeri	28
	2.4.	Operații de editare a schițelor plane	30
	2.5.	Analiza schițelor plane	37
	2.6.	Ieșirea din schiță	
	2.7.	Aplicații prezentate	
		Exemplul 2.1	
		Exemplul 2.2	40
		Exemplul 2.3	40
3.	Р	PROIECTAREA MODELELOR 3D ÎN CATIA V5	41
	3.1.	Elemente de bază utilizate pentru generarea solidelor (Basic features)	41
		Functia Pad	42
		Funcția Pocket	43
		Funcția Shaft	44
		Funcția Groove	45
		Funcția Hole	45
		Funcțiile Rib și Slot	46

Funcția Stiffener	47
Funcțiile Multi-sections Solid și Removed Multi-sections Solid	48
3.2. Comenzi de cosmetizare ale solidelor (Dress-Up Features)	50
Funcția Edge Fillet	50
Funcția Chamfer	51
Funcția Draft	51
Funcția Shell	51
Funcția Thread/Tap	53
3.3. Comenzi de editare ale solidelor (Transformation)	54
Funcțiile Translation și Rotation	54
Funcțiile Symmetry și Mirror	54
Funcția Rectangular Pattern	55
Funcția Circular Pattern	55
Funcția User Pattern	56
Funcția Scaling	56
3.4. Aplicații prezentate	57
Exemplul 3.1	57
Exemplul 3.2	57
Exemplul 3.3	58
Exemplul 3.4	58
Exemplul 3.5	58
Exemplul 3.6	58
Exemplul 3.7	59
Exemplul 3.8	59
Exemplul 3.9	59
Exemplul 3.10	60
4. PROIECTAREA MODELELOR COMPLEXE PRIN METODA MULTI-BODY	61
4.1. Elemente geometrice de referință	62
Crearea unui sistem de axe	63
Crearea punctelor și liniilor în spațiul 3D	63
Crearea unor plane noi	64
Geometrical Set	65
4.2. Metoda de proiectare cu mai multe corpuri, Multi-Body	65
Realizarea corpurilor (bodies)	66
Opțiunea Define in Work Object	67

Semnele corpurilor	67
4.3. Operații Booleene	67
Funcția booleană Assemble	68
Funcția booleană Add	68
Funcția booleană Remove	69
Funcția booleană Intersect	69
Funcția booleană Union Trim	70
4.4. Aplicații prezentate	71
Exemplul 4.1	71
Exemplul 4.2	71
5. ASAMBLAREA COMPONENTELOR ÎN CATIA V5	72
5.1. Inserarea componentelor ansamblului	72
Inserarea componentelor din catalog	73
5.2. Mutarea individuală a componentelor	74
5.3. Aplicarea constrângerilor de asamblare	77
Fixarea componentelor	77
Constrângerea de coincidență	78
Constrângerea de contact	78
Constrângerea de distanță liniară	79
Constrângerea de distanță unghiulară	80
Constrângerea Fix Together	81
Utilizarea constrângerilor rapide de asamblare	82
Schimbarea constrangerilor de asamblare	82
Constrângerea Reuse Pattern	82
5.4. Analiza ansamblului	83
Funcția Clash	84
Funcția Sectioning	86
5.5. Aplicații prezentate	87
Exemplul 5.1	87
Exemplul 5.2	87
6. MODULUL CATIA DRAFTING	88
6.1. Interfața modulului CATIA Drafting	88
6.2. Inserarea chenarului și a indicatorului	89
6.3. Reprezentarea vederilor	90
Bara de comenzi Views	90

Reprezentarea secțiunilor	93			
Reprezentarea rupturilor	95			
Reprezentarea detaliilor	96			
6.4. Cotarea în desenul tehnic	97			
Cosmetizarea cotelor	104			
6.5. Notarea stării suprafețelor	105			
6.6. Notarea pe desen a abaterilor dimensionale și geometrice	107			
Notarea pe desen a abaterilor geometrice	107			
6.7. Aplicații prezentate	109			
Exemplul 6.1	109			
Exemplul 6.2.	109			
Exemplul 6.3	110			
BIBLIOGRAFIE				

#### 1. PROIECTAREA MODELELOR VIRTUALE

Proiectarea asistată de calculator (*Computer Aided Design* - CAD) presupune crearea de modele computerizate definite de parametri geometrici. Aceste modele apar de obicei pe un monitor ca o reprezentare tridimensională a unei piese sau a unui sistem de piese, care poate fi ușor modificată prin modificarea parametrilor relevanți. Sistemele CAD le permit proiectanților să vadă obiecte într-o mare varietate de reprezentări și să testeze aceste obiecte prin simularea condițiilor din lumea reală.

Procesele de fabricare asistate de calculator (*Computer Aided Manufacturing* - CAM) utilizează date de proiectare geometrică pentru a controla mașinile automate. Sistemele CAM sunt asociate cu sisteme de control numeric computerizat (CNC) sau control numeric direct (DNC). Aceste sisteme diferă de formele mai vechi de control numeric (NC) prin faptul că datele geometrice sunt codificate mecanic. Deoarece atât CAD cât și CAM folosesc metode bazate pe calculator pentru codificarea datelor geometrice, este posibil ca procesele de proiectare și fabricație să fie integrate.

#### 1.1. Originile CAD

Proiectarea asistată de calculator își are originile în trei surse separate, care servesc și la evidențierea operațiunilor de bază pe care sistemele CAD le furnizează. Prima sursă de CAD a rezultat din încercările de automatizare a procesului de redactare. Aceste dezvoltări au fost inițiate de către *General Motors Research Laboratories* la începutul anilor 1960. Unul dintre avantajele importante ale modelării pe calculator față de metodele tradiționale de redactare este de economisire de timp și a faptului că modelele pot fi corectate sau manipulate rapid prin modificarea parametrilor. A doua sursă de CAD a fost testarea proiectelor prin simulare. Utilizarea modelării computerizate pentru testarea produselor a fost pionierată de industriile de înaltă tehnologie, cum ar fi industria aerospațială și semiconductoare. A treia sursă de dezvoltare CAD a rezultat din eforturile de a facilita fluxul de la procesul de proiectare la procesul de fabricație folosind tehnologii de control numeric (NC), care s-au bucurat de o utilizare pe scară largă în multe aplicații până la mijlocul anilor 1960. Această sursă a fost cea care a dus la legătura dintre CAD și CAM. Una dintre cele mai importante tendințe în tehnologiile CAD și CAM este integrarea din ce în ce mai strânsă între etapele de proiectare și etapele de fabricație ale proceselor de producție bazate pe acestea.

Dezvoltarea CAD și CAM și în special legătura dintre cele două au depășit deficiențele tradiționale NC în ceea ce privește cheltuielile, ușurința de utilizare și viteza, permițând proiectarea și fabricarea unei piese să fie efectuate folosind același sistem de codificare a datelor geometrice. Această inovație a scurtat foarte mult perioada dintre proiectare și fabricație și a extins foarte mult domeniul de aplicare al proceselor de producție pentru care mașinile automate puteau fi utilizate economic. La fel de important, CAD și CAM a oferit proiectantului un control mult mai direct asupra procesului de producție, creând posibilitatea proceselor de proiectare și producție complet integrate.

Creșterea rapidă a utilizării tehnologiilor CAD și CAM după începutul anilor 1970 a fost posibilă prin dezvoltarea cipurilor de siliciu produse în masă și a microprocesorului, rezultând calculatoare mai ușor accesibile. Pe măsură ce prețul computerelor a continuat să scadă și puterea lor de procesare s-a îmbunătătit, utilizarea CAD și CAM s-a extins de la firmele mari care foloseau tehnici de productie în masă la scară largă la firme de toate dimensiunile. Sfera operațiunilor la care s-a aplicat CAD s-a lărgit, de asemenea. Pe lângă modelarea pieselor prin procesele traditionale ale masinilor-unelte, cum ar fi ștanțarea, găurirea, frezarea și șlefuirea, CAD și CAM a ajuns să fie utilizat de firmele implicate în producerea de electronice de larg consum, componente electronice, materiale plastice turnate si o serie de alte produse. Calculatoarele sunt, de asemenea, folosite pentru a controla o serie de procese de fabricatie (cum ar fi procesarea chimică) care nu sunt definite strict de CAM, deoarece datele de control nu se bazează pe parametri geometrici. Folosind proiectarea asistată de calculator, este posibilă simularea în trei dimensiuni a mișcării unei piese printr-un proces de producție. Acest proces poate simula vitezele de avans, unghiurile și vitezele mașinilor-unelte, poziția clemelor de prindere a pieselor, precum si intervalul si alte constrângeri care limitează operatiunile unei masini. Dezvoltarea continuă a simulării diferitelor procese de producție este unul dintre mijloacele cheie prin care sistemele CAD si CAM devin din ce în ce mai integrate. Sistemele CAD si CAM facilitează, de asemenea, comunicarea între cei implicați în proiectare, producție și alte procese. Acest lucru este de o importanță deosebită atunci când o firmă contractează o alta, fie pentru a proiecta, fie pentru a produce o componentă.

#### 1.2. Avantajele și dezavantajele utilizării CAD

Modelarea cu sisteme CAD oferă o serie de avantaje față de metodele tradiționale de desenare care folosesc rigle, echere și compasuri. De exemplu, desenele pot fi modificate fără ștergere și redesenare. Sistemele CAD oferă, de asemenea, funcții de "*zoom*" similare lentilei unei camere, prin care un proiectant poate mări anumite elemente ale unui model pentru a facilita inspecția. Modelele computerizate sunt de obicei tridimensionale și pot fi rotite pe orice axă, la fel cum s-ar putea roti un model tridimensional real în mână, permițând proiectantului să obțină o percepție mai deplină a obiectului. Sistemele CAD se pretează și la modelarea desenelor secționate, în care este dezvăluită forma internă a unei piese și la ilustrarea relațiilor spațiale dintre un sistem de piese.

Pentru a înțelege proiectarea asistată de calculator, este de asemenea util să înțelegeți ce nu poate face CAD. Sistemele CAD nu au mijloace de a înțelege concepte din lumea reală, cum ar fi natura obiectului proiectat sau funcția pe care o îndepliniște acel obiect. Sistemele CAD funcționează prin capacitatea lor de a codifica concepte geometrice. Astfel, procesul de proiectare folosind CAD implică transferul ideii unui proiectant într-un model geometric formal. Eforturile de dezvoltare a "inteligenței artificiale" (IA) bazată pe computer nu au reușit încă să pătrundă dincolo de mecanicul – reprezentat de modelarea geometrică (pe bază de reguli).

Alte limitări ale sistemelor CAD sunt abordate de cercetarea și dezvoltarea în domeniul sistemelor expert. Acest domeniu este derivat din cercetările efectuate în IA. Un exemplu de sistem expert implică încorporarea de informații despre natura materialelor - greutatea acestora, rezistența la tracțiune, flexibilitatea și așa mai departe - în *software-*ul CAD. Prin includerea acestora și a altor informații, sistemul CAD ar putea "ști" ce știe un inginer expert atunci când acel inginer creează un *design*. Apoi, sistemul ar putea imita modelul de gândire al inginerului și de fapt "crea" mai mult din *design*. Sistemele expert ar putea implica implementarea unor principii mai abstracte, cum ar fi natura gravitației și frecarea, sau funcția și relația pieselor utilizate în mod obișnuit, cum ar fi pârghiile sau piulițele și șuruburile.

Totuși, astfel de concepte futuriste depind în mare măsură de abilitățile noastre de a analiza procesele de decizie umane și de a le traduce în echivalente mecanice, dacă este posibil.

#### 1.3. Clasificarea sistemelor CAD

Sistemele CAD pot fi clasificate din mai multe punte de vedere:

- În funcție de domeniul de aplicare. Sistemele CAD sunt dezvoltate în toate zonele industriale, astfel încât putem găsi sisteme din domeniul ingineriei mecanice, inginerie electrică, proiectare arhitecturală, inginerie civilă, proiectare în domeniul textil, aplicații medicale.
- In funcție de tipul modelării. Tipul modelării poate fi 2D, când reprezentarea piesei este similară cu desenul ingineresc, Figura 1.1 (A). Cealaltă metodă este modelarea 3D, când modelul piesei este construit în spațiul virtual, Figura 1.1 (B şi C).
- În funcție de metoda de modelare aplicată:
  - ~ Metoda wireframe, când sunt definite doar marginile piesei prin rețea de linii și curbe.
  - ~ În cazul modelării suprafeței (*surface design*), modelul CAD este "gol", se definește doar conturul exterior limită.
  - ~ Modelarea solidă asigură o reprezentare realistă (*part design*), modelul este format din elemente elementare simple.
  - ~ În cazul modelului parametric, dimensiunea modelului este determinată de parametrii geometrici.



Figura 1.1

#### Modelarea wireframe

Un model *wireframe* descrie marginile care delimitează suprafețele obiectului modelat. Aceste margini pot consta din linii, arce și curbe.

Dezavantajele metodei de modelare:

- ~ toate marginile sunt afișate pe imaginea afișată;
- ~ vizibilitatea redusă, modelul afișat nu arată clar obiectul modelat;
- ~ caracteristicile de volum și masă nu pot fi specificate;
- ~ furnizarea datelor este lungă și dificilă;
- ~ nu se pretează pentru proiectarea formelor și specificarea formelor mai complexe.

Modelarea *wireframe* nu mai este practic utilizată astăzi ca metodă de proiectare. În orice caz, ea poate fi o etapă premergătoare, modelele *wireframe* sunt construite ca rețele suport pentru modelarea suprafețelor sau ca metodă de vizualizare, o imagine *wireframe* poate fi de ajutor în proiectarea modelului solid, Figura 1.2.



Figura 1.2

#### Modelarea suprafețelor (Surface Design)

Modelarea suprafețelor vizează proiectarea unor părți de suprafață finite, contururi închise, care pot avea o formă liberă. Această metodă de modelare nu gestionează informații topologice. Suprafețele definesc doar forma exterioară a obiectului. În exemplul prezentat în Figura 1.3 se pot observa etapele de proiectare necesare pentru obținerea unui solid prin acest tip de modelare în mediul CATIA V5.

Prima etapă este cea de modelare a schițelor 2D sau a curbelor 3D care stau la baza generării suprafețelor, exemple de funcții utilizate la modelarea curbelor 3D sunt: *circle*, *helix*, *spline* etc., Figura 1.3 (2).

Următoarea etapă este cea de realizare a suprafețelor. Acest lucru presupune utilizarea schițelor 2D sau curbelor 3D realizate anterior; acestea sunt folosite ca profil de bază sau ca linii pentru ghidare și control (3). Se folosesc apoi operații secundare de cosmetizare a suprafețelor, prin tăiere sau unire (4). Ultima etapă este cea în care modelul realizat doar din suprafețe se transformă în solid, folosindu-se comenzi de îngroșare sau de închidere din modulul "*Part Design*" (5).



Figura 1.3

#### Modelarea solidelor (Part Design)

Așa cum ansamblurile sunt alcătuite dintr-un anumit număr de piese individuale, la fel putem spune că modelarea unui solid presupune realizarea unui anumit număr de elemente individuale care par asamblate între ele. Această asamblare a elementelor este prezentată în Figura 1.4 și se poate realiza prin:

- ~ unirea (U), combinând mulțimile de puncte a două solide discrete;
- ~ diferența (/), producând diferența a două seturi de puncte;
- ~ intersecția  $(\cap)$ , definind setul comun de punte în care se află ambele solide.



Figura 1.4

Elemente individuale care alcătuiesc un solid poartă denumirea de "features" și sunt prezentate unele sub altele în arbore principal (*specification tree*, feature manager design tree). Aceste elemente individuale pot fi clasificate în: elemente care au la bază o schiță (*sketch-based*, *boss/base*) sau elemente de cosmetizare (*dress-up*, fillet, chamfer)

Elementele care au la bază o schiță sunt create pornind de la o schiță bidimensională, schița este transformată în solid 3D prin unul din procedeele prezentate în Figura 1.5: de extrudare (A), de revoluție (B), de umplere a unui spațiu urmărind o traiectorie (C) sau prin umplerea unui spațiu aflat între două secțiuni (D).

Elementele de cosmetizare se realizează direct pe modelul solid (*fillet, chamfer, draft, shell*), la fel și elementele de manipulare sau de multiplicare (*translate, rotate, scale, mirror, pattern* etc.).



Figura 1.5

În Figura 1.6 - 1.8 sunt prezentate etapele de modelare ale unui model solid 3D pornind de la un desen 2D, se pot observa toate elementele individuale pe care le conține solidul în Figura 1.7.





Figura 1.8

#### Modelarea parametrică

Modelarea parametrică automatizează proiectarea modelelor și detectează erorile de definire a modelelor proiectate, rezultând astfel o productivitate maximă. De exemplu, se pot genera cu ușurință patru modele diferite de jante din același fișier part, rezultând astfel mai multe configurații, Figura 1.9.



Figura 1.9

Modelarea parametrică presupune definirea anumitor elemente pe care proiectantul le adaugă la un document, acestea pot fi:

- ~ Parametrii, sunt elemente ce pot fi definite prin valori numerice, prin relații sau prin corelarea cu date dintr-un fișier exterior.
- Elementul "Design Table" conține informația dintr-un fișier exterior de tip MS Excel sau text, care constrânge un set de parametri. Fiecare coloană a tabelului definește valorile parametrilor, iar fiecare linie a tabelului definește o configurație a modelului proiectat.

Parametrii definiți de proiectant sunt folosiți pentru următoarele motive:

- ~ pentru a avea acces cât mai ușor la unele dimensiuni, în vederea modificării lor;
- pentru centralizarea cât mai accesibilă a elementelor cheie, astfel încât proiectantul care este mai puțin familiarizat cu modelul, să îl înțeleagă cât mai ușor și rapid;
- ~ pentru a se ușura referirea la un parametru în timpul utilizării acestuia într-o relație;

Tabelul de parametrizare (*Design Table*) se utilizează în modelare pentru crearea și controlul familiilor de componente, componetelor standardizate (ca de exemplu piulița hexagonală cu filet

metric SR EN ISO 4032:2013 din Figura 1.10), atunci când este nevoie să se construiască mai multe configurații pentru același model.

Un avantaj în modelarea parametrizată îl constituie faptul că este mult mai ușor să se intervină în modificarea valorilor parametrilor care definesc modelul.



Figura 1.10

#### 1.4. Planul de proiectare (Design Intent)

Modelul solid al unei piese trebuie să aibă un plan de proiectare pentru a transmite în mod corespunzător aspectele sale vizuale și funcționale. Pentru a utiliza un modelator parametric așa cum este CATIA, proiectantul trebuie să creeze un plan de modelare cu tehnici de proiectare înainte, dar și în timpul modelării piesei. Tehnicile de proiectare utilizate pentru a crea modelul pot afecta modul în care acesta se comportă atunci când este modificat în timpul ciclului său de viață.

Modul în care este construit un model solid poate afecta multe aspecte, inclusiv flexibilitatea acestuia la schimbare, stabilitatea sa în timpul procesului de schimbare și resursele de care are nevoie pentru a calcula noul rezultat. Prin urmare, este important să se țină cont și să se realizeze un plan de modelare care să proiecteze un model eficient al piesei.

În planul de proiectare trebuie să se țină cont de următoarele elemente:

- Relațiile automate (implicite): în funcție de modul în care este schițată geometria unui profil, aceste relații automate creează relații geometrice comune între obiecte, cum ar fi: tangență, paralelism, perpendicularitate, veriticalitate și orizontalitate.
- Ecuațiile: ecuațiile sunt utilizate pentru a defini dimensiunile modelul algebric, ele oferă o modalitate externă de a forța schimbările.
- Relațiile suplimentare: relațiile care sunt definite în timpul proiectării modelului oferă o altă modalitate de a conecta geometria aferentă, o parte din relații din această categorie sunt: concentricitate, tangență, coincidență și coliniaritate.
- Dimensionare: felul în care o schiță este dimensionată influențează planul de proiectare. Dimensiunile trebuie adaugate astfel încât să reflecte modul în care se dorește modificarea ulterioară a lor, dar controlând totodată elementele din schiță.

Exemplul prezentat în Figura 1.11 arată diferite planuri de proiectare pentru aceeași schiță, aceasta realizează o placă cu lungimea de 100mm și 2 găuri. Cum ar fi afectată geometria schiței dacă s-ar modifica lungimea plăcii, acea cotă de 100mm să se mărească la 200mm, pentru fiecare caz in parte?





Profilul dimensionat ca în Figura 1.11 (A) ar păstra poziția găurilor la distanța de 20mm față de fiecare muchie, mai aproape de fiecare muchie, în timp ce placa s-ar alungi până la 200mm.

În cazurile prezentate în figurile (B) și (C) găurile ar rămâne poziționate mai aproape de muchia din stânga, poziția lor nu ar fi afectate de alungirea plăcii până la 200mm. Dar dacă s-ar schimba cota de 20mm de la marginea plăcii, ar rămâne neafectată doar distanța găurilor a căror centre au fost cotate, așa cum se observă în figura (C), distanța dintre găuri nu se modifică.

Planul de proiectare mai poate fi afectat, nu doar de modul în care este dimensionată o schiță, ci și de modul în care elementele simple (*features*) alcătuiesc piesa. De exemplu, pentru a modela arborele din Figura 1.12, care are un anumit număr de tronsoane cu diametre și lungimi diferite, se poate utiliza una din metodele de proiectare prezentate mai jos:





Se poate proiecta primul tronson cu diametrul și lungimea corespunzătoare, apoi se creează următorul tronson și așa mai departe, până când se obține forma finală a arborelui, Figura 1.13; Modificându-se lungimea sau diametrul primului tronson poate creea un efect în "cascadă", deoarece se modifică poziția inițială a celorlalte tronsoane care au fost create după acesta.



Se poate proiecta un profil care să conțină toate diametrele şi lungimile tronsoanelor într-o singură schiță, iar acest profil să se rotească în jurul unei axe transversale rezultând astfel forma finală a arborelui, Figura 1.14. Chiar dacă această abordare poate părea cea mai eficientă, a avea toate informațiile de proiectare într-o singură schiță poate limita flexibilitatea modelului, iar modoficările se pot realiza cu dificultate într-o schiță complexă sau încărcată cu multe elemente şi cote.



Figura 1.14

 Se poate proiecta arborele imitând modul prin care tronsoanele ar fi realizate prin procesul tehnologic de strunjire. Se pornește de la o bucată întreagă de semifabricat care are un diametru mare și se îndepărtează treptat material print-o serie de decupări prin așchiere, până când rezultă forma finală a arborelui, Figura 1.15.



Figura 1.15

Modurile de proiectare prezentate sunt diferite, dar nu se poate spune care abordare este corectă sau greșită, programul CATIA oferă o flexibilitate mare în proiectare, iar modificările asupra modelelor se pot realiza destul se simplu. Dar dacă proiectantul realizează modele cu planul de proiectare ale acestora în minte, poate creea documente ușor de modificat și de reutilizat pentru alte proiecte, ușurânduși ulterior munca.

#### 2. PROIECTAREA SCHIŢELOR 2D ÎN CATIA V5

CATIA V5 este un *software* de proiectare utilizat în domeniul ingineriei mecanice. Este un instrument parametric de modelare a corpurilor solide utilizând interfața grafică a sistemului de operare *Windows*. Programul CATIA V5 furnizează o varietate largă de soluții integrate pentru a satisface toate aspectele legate de design și fabricație. Dintre numeroasele funcționalități de bază se pot aminti: concepția avansată a pieselor mecanice, realizarea interactivă a ansamblurilor, obținerea automată a proiecțiilor pieselor, posibilitatea de a proiecta în mod parametrizat etc.

CATIA are o structură modulară, trecerea de la un modul la altul se face ușor, cu posibilitatea de editare continuă a modelelor aflate în lucru, fără pierdere de informație.

Toate operațiunile parcurse în acest capitol se desfășoară în modulul de lucru *Mechanical Design*, de sub *START*, așa cum se poate vedea în Figura 2.1 (1). Prin lanțul de comenzi *START* -> *Mechanical Design* se poate intra în unul dintre modulele: *Part Design*, *Assembly Design*, *Sketcher* etc.



Figura 2.1

*Sketcher* este modulul în care se creează schița unui profil în două dimensiuni, fiind un punct de plecare în procesul de obținere a unui obiect 3D. *Part Design* este modulul în care se proiectează piese sub formă solidă 3D. *Assembly Design* este modulul în care se asamblează piesele prin constrângeri mecanice pentru poziționarea acestora.

În Figura 2.2 se poate observa interfața programului CATIA V5, modulul Part Design:

- A. START meniul cu module;
- **B.** Arborele de specificații ;
- C. Pictograma specifică modulului activ;
- D. Bare cu comenzi specifice modulului activ;
- E. Bara cu comenzi standard;
- F. Compasul;
- G. Zona grafică de lucru.



Figura 2.2

Barele de instrumente sunt deplasabile, existând posibilitatea poziționării lor personalizate în interfață. Implicit, barele se află în locurile prestabilite din dreapta și de jos a ecranului de lucru.

Identificarea, selectarea și afișarea barelor de instrumente suplimentare se face prin click dreapta al mouse-ului pe oricare altă bară de instrumente, iar din lista apărută se bifează numele barei de instrumente dorite. Pentru a aduce barele la poziția lor implicită, se alege din aceeași listă cu instrumente *Customize...*, se deschide o fereastră din care se alege tab-ul *Toolbars* și se apasă pe butoanele *Restore all contents* și *Restore position*.

#### 2.1. Crearea schiţelor

Piesele realizate într-un program CAD pot fi alcătuite din trei tipuri de elemente constructive:

- elemente bazate pe schițe;
- elemente care nu au nevoie de o schiță;
- elemente derivate.

Majoritatea elementelor de bază care sunt realizate în mediul CATIA se bazează pe o schiță bidimensională, Figura 2.3. Aceste schițe sunt realizate cu uneltele din modulul *Sketcker*.



Figura 2.3

Pentru a realiza o nouă schiță este necesar un suport.

Suportul unei schițe trebuie să fie un plan. Se poate crea o schiță pe un plan de bază, pe un plan de referință definit, pe fața plană a unui solid sau pe o suprafață plană individuală.

De obicei, schița primului element (feature) este creată pe unul din planele de bază:

- A. planul XY;
- B. planul YZ;
- C. planul ZX.

Orientarea implicită a modelului se planul de referință selectat pentru suportul Planul XY este considerat planul vedere modelului.



Alegerea suportului pe care se realizează schița se face în funcție de orientarea piesei în raport cu sistemul de coordonate sau de locul unde trebuie realizat un element pe piesă. De exemplu, așa cum se poate observa și în Figura 2.4., se selectează planul de bază ZX dacă se dorește crearea unui profil lateral.



#### Tipuri de schițe

Există două tipuri de schițe: *Sketch*,  $\boxed{\square}$ , și *Positioned Sketch*,  $\boxed{\square}$ . Comanda *Sketch* permite realizarea unei schițe a cărei orientare este dependentă de sistemul global de coordonate și nu poate fi modificată. În schimb, pentru o schiță realizată cu *Positioned Sketch* este permisă modificarea orientării sistemului absolut de axe în raport cu sistemul global de coordonate.

Pentru a crea o schiță de tipul Sketch se parcurg următorii pași:

- 1. Se selectează un plan suport pentru schiță;
- 2. Se selectează comanda *Sketch* din bara de lucru, care se află în partea dreaptă a ferestrei, sau urmând traseul: *Start -> Mechanical Design -> Sketcher*;
- **3.** CATIA deschide spațiul de lucru pentru schițe cu instrumentele specifice modulului *Sketcher*, Figura 2.5 (3).

Orice schiță are definit un sistem absolut de coordonate, Absolute Axis, caracterizat de trei elemente:

- H Direction direcția paralelă cu axa orizontală și simbolizată cu H;
- *V Direction* direcția paralelă cu axa verticală și simbolizată cu V;
- Origin originea, aflată la intersecția celor două axe.



Figura 2.5

Pentru a deschide o schiță de tipul Positioned Sketch se parcurg următorii pași:

- 1. Se selectează comanda Positioned Sketch.
- 2. Apare o nouă fereastră cu opțiunile acestui tip de schiță:
  - a. Schița are ca suport planul de referință selectat.
  - b. Se modifică opțiunile pentru schimbarea originii.
  - **c.** Se modifică opțiunile pentru schimbarea orientării axelor.
  - **d.** Schimbarea sensului axei H și axei V sau a inversării lor între ele (*Swap*).
- **3.** CATIA deschide spațiul de lucru pentru schițe cu instrumentele specifice modulului *Sketcher*.

Suportul unei schițe poate fi modificat prin accesarea meniului contextual al schiței respective. (click dreapta pe denumirea schiței *Sketch.x -> Change Sketch Support*). Se deschide tot fereastra *Sketch Positioning*, în care se pot realiza noile modificări.

Pentru modelarea pieselor *se recomandă* utilizarea schiței de tip *Positioned Sketch*, deoarece are un grad mai mare de control și se pot modifica ușor proprietățile ce țin de suport, origine și orientarea axelor.

#### **Bara Sketch Tools**

Odată ce s-a intrat în modulul *Sketcher* pentru a se realiza schița de bază, se poate observa pe mijlocul ecranului bara *Sketch Tools*. Aceasta conține o serie de comenzi predefinite (cele prezentate mai jos) dar și diverse proprietăți care devin disponibile la activarea altor comenzi de construcție sau modelare a profilelor.



Bara Sketch Tools cuprinde următoarele comenzi:

- A. Grid activarea rețelei plane;
- **B.** Snap to Point trecerea prompterului din nod în nod de rețea;
- C. *Construction/Standard Element* trecerea de la un element de construcție la un element standard;



- **D.** Geometrical Constraints aplicarea automată a constrângerilor geometrice;
- E. Dimensional Constraints aplicarea automată a constrângerilor dimensionale.



O comandă este activă dacă este reprezentată prin culoarea portocalie. În Figura 2.6 se poate observa utilizarea comenzii *Snap to Point*.



Când această comandă este activată, capetele elementelor sunt prinse de nodurile de rețea, iar când comanda este inactivă, capetele elementelor pot fi plasate și în spațiul dintre liniile rețelei.

Elementele de construcții se utilizează într-o schiță pentru a ajuta la crearea profilului. Elementele de construcție sunt reprezentate prin linie punctată și nu sunt luate în calcul ca făcând parte din profilul schiței.

Atâta timp cât butonul *Construction/Standard Element* este activ, toate elementele create sunt elemente de construcție. În Figura 2.7 sunt prezentate elemente standard de tip cerc transformate în elemente de construcție cu ajutorul comenzii *Construction/Standard Element*.



Elemente de construcție

Figura 2.7

Dacă butoanele *Geometrical Constraints* (A) și *Dimensional Constraints* (B) din bara *Sketch tools* sunt activate în timpul construcției unui profil într-o schiță, se creează automat o serie de constrângeri geometrice sau dimensionale.



Aceste unelte sunt utile pentru geometrii simple, deoarece ajută la creșterea vitezei de finalizare a profilului. Pentru profiluri cu geometrii complexe *este recomandat să nu fie* selectate aceste comenzi, deoarece aceste unelte pot adăuga constrângeri nedorite, iar îndepărtarea lor poate crește timpul de finalizare a profilului final.

#### 2.2. Comenzi pentru construcția profilelor

Pentru a realiza un element (*feature*) în CATIA, este necesar ca profilul desenat să fie un contur închis, iar elementele acestuia nu trebuie să se suprapună. Acest profil poate fi realizat utilizând comenzile din bara *Profile*. Pe această bară, se întâlnesc funcții care permit crearea de puncte, linii, cercuri, arce de cerc sau contururi închise predefinite (dreptunghiuri, găuri alungite drepte sau curbe, hexagon, paralelogram etc.)



- A. Profile permite desenarea unui profil închis sau deschis;
- **B.** *Predefined Profile* construcție bazate pe poligoane;
- C. *Circle* comenzi bazate pe cercuri;
- D. Spline construcții bazate pe linii spline;
- E. Conic comenzi pentru elipse, parabole și hiperbole
- F. Line comenzi pentru diverse tipuri de linii;
- **G.** *Axis* linii de axe;
- H. Point comenzi pentru definirea punctelor în plan.

#### A. Comanda Profile

O variantă de trasare a profilului în "timp real" o reprezintă utilizarea comenzii *Profile*. Pe măsură ce este trasat profilul, programul CATIA asistă procesul de desenare oferind proiectantului diferite constrângeri, relative la diferite elemente ale profilului.

În Figura 2.8 sunt prezentați pașii necesari pentru trasarea unui profil, contur închis, utilizând comanda *Profile*:

- 1. Se selectează butonul Profile;
- 2. Se așează cursorul în spațiul de lucru și printr-un click se stabilește punctul de început;
- 3. Se trasează o linie orizontală spre stânga;
- 4. Se selectează de pe bara Sketch tools comanda Tangent Arc (arc tangent);
- 5. Se creează arcul de cerc;
- 6. Comanda Profile revine la starea inițială de linie (Line), se creează o altă linie orizontală;
- 7. Se trasează linia verticală;
- 8. Se realizează cea dea 3-a linie orizontală;
- 9. Se închide profilul printr-o linie înclinată.





Comenzile de pe bara *Predefined Profile* permit utilizarea unor profile predefinite în construirea unei schițe. Se pot construi dreptunghiuri prin indicarea fie a două puncte diagonal opuse (*Rectangle*), fie prin indicarea a trei puncte reprezentând punctele din colțuri (*Oriented Rectangle*). Tot prin indicarea a trei puncte se poate construi și un paralelogram, punctele indicate formează două dintre laturile acestuia.

Se mai pot construi contururi ale unor găuri alungite drepte (*Elongated Hole*) sau curbe (*Cylindrical Elongated Hole*), acestea pot fi create prin trei, respectiv patru puncte în spațiul de lucru, primele puncte definesc distanța dintre centre, iar ultimul punct determină lățimea găurii.

Un alt contur care mai poate fi realizat este cel asemănător unei găuri de cheie (*Keyhole*), pentru obținerea acestui contur se precizează punctul care definește centrul razei mari și centrul razei mici, apoi se definește printr-un alt punct raza mică și respectiv raza mare.

Pentru a se realiza un hexagon este necesar să se definească centrul acestuia, apoi un punct de pe o latură și orientarea lui.

Ultimele două comenzi de pe bara *Predifined Profile* sunt utilizate pentru contururi care sunt sub formă de dreptunghi sau de paralelogram, se definește prima dată punctul centrului de greutate și apoi lățimea și lungimea lor.

#### **B.** Predefined Profile

- a. Rectangle;
- **b.** Oriented Rectangle;
- **c.** *Parallelogram;*
- d. Elongated Hole;
- e. Cylindrical Elongated Hole;
- f. Keyhole;
- g. Hexagon;
- **h.** Centered Rectangle;
- i. Centered Parallelogram.



Trasarea cercurilor și a arcelor de cerc într-o schiță se realizează cu funcțiile de pe bara *Circle*. Se pot trasa cercuri definite printr-un punct de centru și o rază, prin unirea a trei puncte, prin impunerea coordonatelor sau prin impunerea entităților la care cercul trebuie să fie tangent.

Se pot trasa arce de cerc care unesc trei puncte sau pentru care se cunoaște poziția centrului și raza.

#### C. Circle

- a. Circle;
- **b.** *Three Point Circle;*
- c. Circle by Coordonates;
- **d.** *Tri-Tangent Circle;*
- e. Three Point Arc;



- f. Three Point Arc Starting With Limits;
- **g.** Arc.

Liniile curbe pot fi: elipse, parabole, hiperbole, conice sau de tip spline.

- **D.** Spline
  - **a.** Spline;
  - **b.** Connect.

E. Conic

- a. Ellipse;
- **b.** *Parabola by Focus;*
- c. Hyperbola by Focus;
- d. Conic.

D Spline a b Conic a b c d

Trasarea liniilor într-o schiță se realizează cu ajutorul comenzilor corespunzătoare de pe bara *Line*.

Liniile drepte pot fi: simple finite, simple care tind la infinit, tangente, bisectoare sau perpendiculare la o curbă.

F. Line

- **a.** *Line*;
- **b.** *Infinite Line;*
- **c.** *Bi-Tangent Line;*
- **d.** *Bisecting Line;*
- e. Line Normal to Curve.



Definirea completă a unei schițe, adică a unui contur închis, necesită impunerea unor constrângeri dimensionale (cote) și a unor constrângeri de poziție relativă între elemente sau față de origine. Aceste constrângeri se pot realiza folosindu-se următoarele comenzi, din bara *Constraint*:



- **A.** *Constraint Defined in Dialog Box* (comanda devine activă după selectarea elementelor, se pot selecta unul, două sau trei elemente în funcție de situație);
- **B.** Constraint.

În mod ideal, o schiță ar trebui să fie constrânsă complet (*fully-constrained*). Dimensiunea și poziția în spațiu a unei schiței ar trebui să fie definite foarte clar. O schiță care nu este constrânsă complet (*under-constrained*) poate să nu își mențină forma dorită atunci când se fac modificări asupra modelului.

Starea constrângerilor unei schițe este indicată printr-un cod de culoare, profilul din schiță așa cum se arată și în Figura 2.9 poate fi:

**A. Verde**, culoarea verde indică o schiță definită complet. Geometria este fixată și nu își poate modifica dimensiunea, decât prin modificarea valorică a cotelor (*Iso-constrained*)

- **B.** Alb, culoarea alb indică o schiță care nu este definită complet dimensional sau pozițional (*Under-constrained*).
- **C.** Violet, culoarea violet indică o schiță supra-constrânsă (*Over-constrained*), sunt prea multe cote sau relații geometrice.
- **D.** Roșu, culoarea roșu sau vișiniu indică o schiță cu constrângeri incorecte, apar conflicte de ordin geometric între constrângeri. Schița nu se poate realiza folosind dimensiunile și constrângerile indicate (*Inconsistent*).



Figura 2.9

**Constrângerile geometrice** care se pot adăuga cu ajutorul comenzii *Constraint Defined in Dialog Box* sunt:

- Constrângerea de *fixare* (*Fix*), se realizează pentru un element care trebuie să nu se mai poată deplasa.
- Constrângerea de *coincidență* (*Coincidence*), se realizează între un punct care aparține de un element și un alt punct de pe un al element.
- Constrângerea de *concentricitatea* (*Concentricity*), se realizează între două arce de cerc sau două cercuri care au originea comună.
- Constrângerea de *tangență* (*Tangency*), se realizează între două elemente care pot fi tangente unul față de celălalt.
- Constrângerea de paralelism (Parallelism), se realizează între două linii care trebuie să fie paralele. Se selectează prima dată linia care trebuie să rămână nemişcată și abia apoi se selectează linia care trebuie să fie paralelă cu prima.
- Constrângerea de *perpendicularitate* (*Perpendicularity*), se realizează între două linii care trebuie să fie perpendiculare una față de alta.
- Constrângerea de *orizontalitatea* (*Horizontal*), se realizează pentru o linie care trebuie să devină orizontală, adică paralelă cu axa H din schiță.
- Constrângerea de *verticalitatea* (*Vertical*), se realizează pentru o linie care trebuie să devină verticală, adică paralelă cu axa V din schiță.
- Constrângerea de *simetrie (Symmetry*), se realizează între două linii care sunt așezate simetric față de un al treilea element. Se selectează prima dată liniile care se doresc a fi simetrice și abia apoi elementul față de care se dorește simetria.



Constrângerile dimensionale care se pot adăuga cu ajutorul comenzii Constraint sunt:

- cotarea unei raze sau a unui diametru (Radius/Diameter);
- cotarea unui unghi dintre două linii neparalele (Angle);
- cotarea unui element de tip lungime (*Length*);
- cotarea distanței dintre două elemente (Distance);

*Este recomandat* ca o schiță să fie complet constrânsă dimensional și geometric atât în raport cu sistemul absolut de axe, cât și cu elemente geometrice individuale.

#### Recomandări pentru constrângeri

Profilul de bază al unui element (*feature*) ar trebui construit cu ajutorul comenzilor din bara *Profile* având forma și dimensiunile cât mai apropiate de schița finală, Figura 2.10 (1a). O schiță care este mult diferită de schița finală este o schiță greu de constrâns, fiind dispusă la deformări și greu de corectat (1b). După realizarea profilului aproximativ al schiței de bază, se recomandă realizarea constrângerilor geometrice (ex.: tangența, perpendicularitatea etc.) între elementele individuale și abia apoi dimensionarea lor (cotarea) (2).



Figura 2.10

*Se recomandă* să se utilizeze metoda prezentată în Figura 2.11 pentru realizarea constrângerilor atât pentru cele dimensionale (2a), cât și pentru cele geometrice (2b), deoarece este o metodă mult mai rapidă.



Figura 2.11

Dar nu este greșit dacă se utilizează comenzile *Constrains* și *Constraint Defined in Dialog Box* pe rând, pentru fiecare constrângere în parte.

Când se creează o constrângere dimensională a unui profil, direcția cotelor este determinată de tipul elementelor selectate. Dacă elementele sunt puncte sau cercuri, direcția predefinită a cotelor este paralelă cu linii care trec prin puncte sau prin centrele cercurilor, Figura 2.12 (1a) și (2a). Se pot modifica direcțiile cotelor, astfel încât acestea să fie așezate așa cum ne dorim, prin click dreapta în spațiul de lucru și selectând din meniul afișat, o direcție orizontală sau verticală față de sistemul de axe (1b) și (2b).



Figura 2.12

*Este recomandat* să nu se folosească elementele de cosmetizare (*Dress-up features*) în construcția altor schițe, deoarece unele procese de fabricație necesită îndepărtarea, dezactivarea sau rearanjarea lor în arborele de specificații (*Specification Tree*), iar acest lucru ar duce la modificarea schițelor. De exemplu în Figura 2.13, în schița *Sketch.4* este un arc de cerc concentric la muchia racordată *EdgeFillet.1* (1). Dacă elementul *EdgeFillet.1* este dezactivat sau șters, schița *Sketch.4* are o eroare (2).



Figura 2.13

Schema de prioritate a elementelor selectate și utilizate în contextul unei schițe poate fi reprezentată de:

- elementele fixe (cum ar fi planele XY,YZ și ZX);
- alte elemente din schiță;
- suprafetele corpurilor 3D.

Dacă se constrânge o schiță de muchia unui solid așa cum se arată în Figura 2.14 (1), în modul de vizualizare perpendicular pe plan (*normal view*), CATIA realizează constrângerea cu prima muchie (2). O alternativă mai bună ar fi să se rotească schița și să se constrângă față de un element mai stabil, cum ar fi suprafața solidului și nu muchia acestuia (3). *Se recomandă* totuși, pe cât posibil, să se evite selectarea muchiilor corpurilor 3D. Odată ce s-a selectat elementul dorit, se apasă comanda *Normal View*, *i*, pentru a se reveni la orientarea ecranului paralel cu suportul schiței.



#### 2.4. Operații de editare a schițelor plane

Toate cele expuse până în prezent cu referire la schițele plane, se referă mai ales la noțiuni de construcție a contururilor plane, cu care se operează ulterior în spațiul 3D virtual. Operațiile de editare sunt destinate modificărilor contururilor deja trasate, pentru a le apropia de aspectul dorit.

Bara pe care CATIA o pune la dispoziția utilizatorului, în acest scop este *Operation*, cu mai multe opțiuni ulterioare.

- A. Corner racordarea între două drepte;
- B. Chamfer realizarea unui șanfren între două drepte;
- C. Relimitations
  - a. Trim;
  - **b.** *Break;*
  - c. Quick Trim;
  - **d.** *Close*;
  - e. Complement;
- **D.** *Transformation* 
  - **a.** *Mirror*;
  - **b.** *Symmetry;*
  - c. Translate;
  - **d.** *Rotate*;
  - e. Scale:
  - f. Offset;
- E. 3D Geometry
  - **a.** *Project 3D Elements;*
  - **b.** *Intersect 3D Elements;*
  - c. Project 3D Silhouette Edges.



Prima comandă este *Corner*, *Construction Corner*. Opțiunea conduce la racordarea a două linii concurente, chiar dacă acestea nu se intersectează vizibil. Activarea comenzii *Corner* are ca urmare modificarea barei de control *Sketch Tools*, care capătă aspectul din Figura 2.15 (2) și enumeră posibilitățile de realizare a racordării prin: eliminarea liniilor care defineau vârful; prin eliminarea uneia dintre linii; prin menținerea liniilor laturilor; prin înlocuirea unei linii standard cu o linie de construcție și prin înlocuirea ambelor linii standard cu linii de construcție. După activarea opțiunii *Corner*, și alegerea opțiunii din *Sketch Tools*, urmează selectarea celor două linii și impunerea, pe ecran, a razei. Prin dublu click pe valoarea afișată a razei, această valoare poate fi modificată în caseta *Constraint Definition*.

Racordări pot fi realizate între laturi ale poligoanelor dar și între arce de cerc, arce de elipsă, curbe conice și curbe spline.



Utilizarea comenzii *Chamfer*,  $\bigwedge$ , (tot din *Operation*) conduce la realizarea teșiturilor. Algoritmul este foarte asemănător celui folosit la *Corner*: se activează comanda, apoi se selectează cele două linii (un exemplu este prezentat de Figura 2.16). Bara *Sketch Tools* se modifică așa cum apare în Figura 2.16 (4), pentru a opta pentru ștergerea liniilor inițiale, pentru menținerea uneia, a ambelor etc. Editarea valorii celor două cote se face ca și la *Corner* (5 - 7).



Figura 2.16

Îndepărtarea unei porțiuni nedorite dintr-un element reprezentat în schiță necesită activarea comenzii *Trim*,  $\nearrow$ , din *Relimitation*, care este bară sub *Operation* (sau se poate utiliza traseul: *Insert* -> *Operation* -> *Relimitation* -> *Trim*). Tăierea are loc prin delimitarea cauzată de intersecția entităților plane. Activarea comenzii este însoțită de apariția opțiunilor suplimentare din *Sketch Tools*: tăierea tuturor elementelor (*Trim All Elements*) sau tăierea primului element selectat (*Trim First Element*). Se trasează, prin urmare porțiunea care trebuie menținută. Limitele operației sunt dictate de puncte de capăt și de puncte de intersecție, Figura 2.17.



Figura 2.17

Dacă se dorește separarea (ruperea) unei entități în mai multe părți, se poate apela la opțiunea Break,  $\swarrow$ , tot din *Relimitation*.

Astfel, pentru conturul deschis din Figura 2.18 (B), s-a apelat la *Break*, *M*, apoi s-a selectat (ca element ce trebuie rupt) linia, după care s-a selectat arcul de elipsă. Prin selectare, după operație, se observă că linia a fost împărțit în două, punctul de rupere fiind cel de intersecție din partea superioară a arcului.

*Quick Trim*,  $\checkmark$ , este comanda utilizată frecvent pentru a tăia elemente ale contururilor schițate. Figura 2.19 cuprinde un exemplu de aplicare a comenzii, în care este prezentat conturul multiplu care trebuie tăiat. Prin dublu click pe *Quick Trim*,  $\checkmark$ , pentru a se realiza mai multe operații înlănțuite, iar apoi se selectează pe rând, fiecare element (linii și arce) a conturului (3). Pe rând, aceste elemente dispar.



Figura 2.18

Tăierea este limitată de punctele de intersecție, dar pot fi eliminate și elemente întregi, dacă acestea nu intersectează alte elemente schițate. Rezultatul este cel din Figura 2.19 (4). În acest caz, bara *Sketch Tools* oferă trei alternative: fragmentare și ștergere a elementului interior; fragmentarea elementului selectat și eliminarea zonelor exterioare și fragmentarea dar păstrarea tuturor porțiunilor obținute.



Figura 2.19

Comanda *Close*,  $\textcircled{O}_{f}$  este utilizată la completarea contururilor de tip cerc sau elipsă, dacă au fost create inițial doar arce de cerc sau de elipsă. Comanda nu se referă la contururi formate din linii drepte și nici curbelor Spline.

Ultima opțiune dintre cele cuprinse în *Relimitation* (din *Operation*) este *Complement*, C, care creează arcul complement al unui arc deja trasat.

Alte operații de editare sunt cuprinse în șirul *Transformation* de sub *Operation* (se poate utiliza și traseul: *Insert -> Operation -> Transformation*).

*Mirror*,  $\square$  este comanda prin care se poate realiza simetricul unui element (evident plan) față de o axă definită de utilizator, Figura 2.20. Utilizarea comenzii impune inițial selectarea elementelor a cărui imagine multiplicată este obținută, apoi activarea lui *Mirror* din bara grafică *Operation* sau pe traseul *Insert -> Operation -> Transformation -> Mirror* (2). Ultimul element selectat este axa (linie de construcție, linie de axă sau o latură liniară a unui poligon). Această axă poate fi, de asemenea, una dintre axele sistemului de coordonate legat de planul de schițare, o axă trasată de proiectant cu Axis,

, sau orice linie dreaptă selectată de pe ecran (3). Automat apare imaginea oglindită a conturului selectat drept obiect al multiplicării.



Figura 2.20

Tot sub *Operation, Transformation* se găsește comanda *Symmetry*, **1**. Modul de acțiune al comenzii și modul de utilizare sunt identice cu cele menționate la *Mirror*, cu diferența că la *Symmetry* obiectul-sursă (cel supus simetriei) nu mai apare în noua imagine.

Pentru deplasarea unui element plan în lungul unei direcții, se folosește comanda *Translate*,  $\rightarrow$ , (sau pe traseul: *Insert -> Operation -> Transformation -> Translate*), când nu se activează opțiunea

*Duplicate Mode.* De fapt comanda *Translate* este complexă: are și efectul multiplicării liniare, în plan. În acest mod de lucru, funcționarea comenzii poate fi urmărită în Figura 2.21. S-au selectat toate elementele care alcătuiesc pătratul cu latura de 20mm. După activarea comenzii *Translate*, se deschide caseta de dialog *Translation Definition*, în care se completează numărul de copii dorite (*Instance: 3*) și se activează opțiunile *Duplicate Mode și Keep internal constraints, Keep external constraints* (dacă se dorește copierea constrângerilor interne și externe, (4)). Pentru a se putea defini pasul de translare de 25mm, acest câmp fiind inițial blocat, trebuie să se definească mai întâi un punct de referință, în acest caz s-a selectat colțul din drepta-jos (5). Iar ultimul pas este cel în care se indică direcția celor 3 copii create, perfect aliniate cu axa orizontală (7).



Figura 2.21

Multiplicarea circulară se poate impune folosind comanda *Rotate*, O, cu care se operează în mod asemănător. Diferențe apar în ce privește elementul de referință care, de data aceasta este un punct selectat pe ecran iar pasul este unghiular, exprimat în [<sup>0</sup>]. Figura 2.22 conține multiplicarea față de origine a cercului Ø 15, plasat inițial pe verticală, cu un pas unghiular de 30<sup>0</sup>, numărul de elemente (*Instances*) fiind 3.



Figura 2.22

Modificarea dimensiunilor unui element, în concordanță cu o scară impusă este permisă prin utilizarea comenzii Scale, 💵. După selectarea elementelor care trebuie scalate (de exemplu dreptunghiul 100×70 mm din Figura 2.23 (1)), se activează comanda Scale care deschide caseta



de dialog Scale Definition, în care, se impune Duplicate Mode și Conservation of the Constraints, iar apoi, pe ecran se selectează punctul fată de care are loc scalarea (în exemplu – originea (3)). Se completează valoarea scării de 0.5 și se obține un nou dreptunghi,  $50 \times 35$ , vizibil în (6). De asemenea, vizibile sunt și constrângerile menținute (cotele din paranteze, orizontalitatea și verticalitatea laturilor).

Operația Offset, 🥸, ca ultimă opțiune de transformare, permite realizarea multiplicării entităților, prin plasarea copiilor la o distanță impusă față de obiectul-sursă. Se selectează elementul care urmează a fi supus operației, apoi se impune Offset, din bară sau din Insert -> Operation -> Transformation. Din Sketch Tools, se impune numărul dorit de copii și modul în care să fie realizat noul contur, Figura 2.24 (3). Urmează să se execute un click în zona reprezentării, pentru a se specifica unde trebuie să fie plasate copiile, în interiorul sau exteriorul conturului selectat. Apar noile entități (5).





Figura 2.24 prezintă entitatea inițială (dreptunghiul 100×70 mm), plasată într-o poziție oarecare. După *Offset No Propagation* și click pe ecran, precum și după cotare, apare copia, un nou dreptunghi, plasat la 11,936 mm (pe ambele direcții spre interior) față de dreptunghiul inițial. Evident, distanța de *offset* (cota 11,936) poate fi editată, prin operația obișnuită de editare a cotelor.

Bara Sketch Tools oferă patru opțiuni suplimentare: No Propagation, pentru a supune offset-ului doar elementul selectat; Tangent Propagation, prin care entitățile tangente elementului selectat sunt supuse offset-ului; Point Propagation, prin care se supun operației elementele conectate prin puncte de capăt cu elementul selectat; Both Side Offset, prin care elementul selectat este copiat în ambele direcții (de exemplu spre interior și spre exterior), Figura 2.25.





O categorie aparte de operații de editare-construcție cuprinde proceduri care folosesc entități 3D deja realizate. Lanțul de comenzi este: *Insert -> Operation -> 3D Geometry*. Opțiunile posibile sunt: proiecția pe planul de schițare a elementelor 3D,  $\bigcirc$  - se obține curba de contur plană; intersecția planului de lucru cu elemente 3D,  $\bigcirc$  - se obțin contururi plane, care pot fi folosite în continuare; proiecția pe plan a imaginii muchiilor spațiale,  $\bigcirc$  - se obțin linii în planul de schițare; izolarea entităților,  $\bigcirc$ . Muchiile selectate de pe corpul din Figura 2.26 (1) au fost proiectate în planul schiței cu *Project 3D elements*, conturul obținut aparține schiței 2D și are culoarea specifică elementelor proiectate, culoarea galbenă.



Figura 2.26

#### 2.5. Analiza schiţelor plane

Funcția *Sketch Analysis* este utilizată pentru a analiza diferite tipuri de erori din schiță. Erorile pot include profile deschise, profile suprapuse, elemente izolate etc. De asemenea, această funție poate determina și starea constrângerilor din schița analizată, dacă schița este complet definită sau dacă este supra constrânsă.

Pentru activarea funcției *Sketch Analysis* se deschide meniul *Tools* din partea de sus a ecranului, Figura 2.27 (1). În fereastra *Sketch Analysis*, tab-ul *Geometry* este ales implicit și conține informații legate de starea geometriei din schiță, acesta este împărțit în 3 zone. Prima zona, denumită *General Status*, ne indică analiza generală a întregii schițe, cea de a doua zonă cuprinde o listă detaliată cu toate elementele geometrice care se regăsesc în schiță (3), iar ultima zonă este cea în care regăsim o serie de butoane care ne ajută să edităm elementele selectate din listă, *Corrective Actions* (4). Din zona de editare se poate transforma un element standar în element de construcție, un contur deschis se poate închide, un element se poate șterge, se pot ascunde toate constrângerile și, respectiv, se pot ascunde toate elementele de construcție.

Insert Tools Window Help	Skotch Applyric	×				
fee Eormula	Sketch Analysis	~				
<u>l</u> mage	2 Geometry Use-edges Diagnos	Geometry Use-edges Diagnostic General Status Warning: Non manifold topology				
Macro	General Status					
 Utility	Warning: Non manifold topology					
<u>O</u> unity	Detailed Information					
Parents/Children	Geometry Status Co	omment				
	Implicit Profile Opened 10	Curve(s) (End points distance = 8,000)				
<u>C</u> ustomize	Line.14 Isolated					
Visualization Filters	Point.17 Isolated Wa	arning ted point not in construction mode				
Options	Corrective Actions	Corrective Actions				
<u>S</u> tandards						
Co <u>n</u> ferencing						
	(4)	(4)				
Sketch Analysis (1)		Close				
		(5)				

Figura 2.27

Dacă se alege tab-ul *Use-edges*, se obțin informații despre toate elementele din schiță create prin proiecție cu funcția *Project 3D Elements*.

Dacă se alege tab-ul *Diagnostic*, se obțin informații despre starea constrângerilor dintre elementele pe care le conține schița.

#### 2.6. Ieșirea din schiță

După ce schița a fost realizată, ieșirea din modul *Sketcher* se realizează activând comanda *Exit Workbench*,  $\triangle$ , Figura 2.28 (1).



Figura 2.28

Astfel, schița se regăsește în modulul *Part Design* pregătită să fie utilizată de funcțiile care creează solide, iar ecranul revine la vizualizarea izometrică 3D.

Dacă se dorește redeschiderea schiței create se dă dublu click pe numele schiței în arborele de specificații sau pe schiță în zona grafică de lucru. (ex. *Sketch.1* din Figura 2.29)



Figura 2.29

Ecranul este implicit mov-închis, iar linia neconstrânsă apare albă; trecerea la ecran alb se face prin lanțul de comenzi: *Tools -> Options -> Dispay -> Visualization -> Background*, apoi se selectează culoarea dorită a fundalului. Pentru a fi vizibilă linia, trebuie urmat acest lanț de comenzi: *Tools -> Options -> Mechanical Design -> Sketcher -> Default color of the elements*, apoi se selectează culoarea dorită (negru, albastru etc.). Este recomandat să se evite alegerea culorilor care fac parte din categoria de diagnosticare a constrângerilor, cum ar fi roșu, vișiniu, violet etc. (aceste culori sunt vizibile în schiță dacă este bifată căsuța *Visualization of dignosis*).

În Figura 2.30 sunt prezentați pașii necesari pentru realizarea unei schițe în modulul Sketcher.


Figura 2.30

## 2.7. Aplicații prezentate

În continuare sunt prezentate câteva exemple în care au fost utilizate comenzile și pașii de proiectare prezentați în acest capitol, necesari pentru a obține un model 3D.

Alături de imaginea de prezentare a exemplului propus este prezent un *link* și o pictogramă cu un cod de acces *QR* (*Quick Response*), posibil a fi scanat cu un dispozitiv mobil. *Link*-ul și codul deschid un tutorial video aflat pe platforma *Google Drive*. Totodată, fiecare piesă este prezentată printr-un desen de execuție și o vedere isometrică necesară unei mai bune înțelegeri a geometriei sale

### **Exemplul 2.1**



Link-ul exemplului 2.1

# Exemplul 2.2



Link-ul exemplului 2.2

Exemplul 2.3



Link-ul exemplului 2.3

## 3. PROIECTAREA MODELELOR 3D ÎN CATIA V5

### 3.1. Elemente de bază utilizate pentru generarea solidelor (Basic features)

Odată ce a fost stabilită schița de baza a solidului proiectat, trebuie să se stabilească care din elementele de bază se folosesc pentru a se finaliza modelul. Comenzile enumerate în lista de mai jos utilizează ca bază profile definite în schițe, *Sketch-Based Features*, așa cum este denumită și bara de lucru din care fac parte.



Mai jos este o listă a elementelor de bază care adaugă material:

A. Pad - materialul este adăugat prin extrudarea unui profil;

C. Shaft - materialul este adăugat prin rotirea unui profil;

F. Rib - materialul este adăugat folosind un profil care urmează o curbă;

H. Stiffener - se adaugă nervuri;

I. Multi-sections Solid - materialul este adăugat prin umplerea spațiului dintre profilele schițelor;

Comenzile folosite pentru îndepărtarea materialului, sunt:

- B. Pocket material îndepărtat prin extrudarea unui profil;
- **D.** *Groove* material îndepărtat prin rotirea unui profil;
- E. Hole comanda pentru realizarea alezajelor;

G. Slot - materialul este îndepărtat folosind un profil care urmează o curbă;

J. Removed Multi-section Solid - materialul este îndepărtat din spațiul dintre profilele utilizate;

Majoritatea comenzilor de pe bara *Sketch Based Features* au un meniu din care se selectează tipurile de limită, Figura 3.1, acestea pot fi:

- A. Dimension acționează după o anumita valoare, Length;
- **B.** *Up to Next* acționează până la următorul element, de exemplu: suprafața unui solid, permițând și un *Offset;*
- C. Up to Last actionează până la ultimul element;
- **D.** Up to Plane acționează până la planul selectat în câmpul Limit;
- E. Up to Surface acționează până la suprafața selectată în câmpul Limit;



Figura 3.1

## Funcția Pad

Funcția *Pad* adaugă înălțime unui profil realizat cu ajutorul unei schițe sau suprafețe, pe o lungime definită valoric sau geometric.

Pentru utilizarea acestei comenzi se selectează mai întâi profilul modelului din spațiul de lucru sau schița lui din arborele de specificații, Figura 3.2 (1), se deschide o fereastră cu o serie de câmpuri care pot fi



Figura 3.2

modificate (3), iar confirmarea se realizează prin apăsarea butonului OK (4).

Solidul este realizat iar elementul *Pad.1* este adăugat în arborele de specificații sub corpul *PartBody*, (5).

Pentru un corp existent, prin dublu click pe elementul *Pad.1* prezent în arbore de specificații sau pe volumul generat în spațiul de lucru, se pot edita și modifica setările funcției *Pad.* 

Mai jos, cât și în Figura 3.3, sunt prezentate toate setările care se pot face pentru funcția Pad.

1. În câmpul First Limit se fac setările ce țin de tipul extrudării: Dimension, Up to Next etc.

2. În câmpul *Profile/Surface* se selectează profilul schiței sau a suprafeței.

3. Opțiunea *Mirrored extent* permite realizarea extrudării în ambele sensuri, simetric față de planul profilului.

4. Butonul *Reverse Direction* permite schimbarea sensului în care se face extrudarea.

	Pad Definition								
(1	)	- First Limit			Second Limit		5		
	1	Туре:	Dimension	-	Туре:	Dimension	•		
		Length:	20mm	-	Length:	0mm	-		
		Limit:	No selection		Limit:	No selection			
(2	2)	Profile/Sur	face		Direction		6		
	1	Selection:	No selection		👅 Norma	l to profile	e		
		Thick	/a)		Reference	No selection			
		Reverse Si	de		- Thin Pad				
(3	)	Mirrored	extent	C	Thickness	1mm	-		
	5	Reverse Di	rection		Thickness	0mm	É		
	1		[	< <less< th=""><th>Neutral</th><th>Fiber 🔲 Merge Er</th><th>nds</th></less<>	Neutral	Fiber 🔲 Merge Er	nds		
					ОК	Cancel	review		

Figura 3.3

Prin apăsarea butonului More fereastra inițială se extinde permițând o serie de noi setări.

**5.** In câmpul *Second Limit* se pot face setări referitoare la a doua limită pentru adăugarea unei înălțimi. Cea de-a doua limită are aceeași direcție ca cea primară, dar în sens opus.

6. Prin setările standard, adăugarea înălțimii unui profil se face pe direcție perpendiculară față de planul în care se găsește schița, deoarece este bifată opțiunea *Normal to profile*. Prin debifarea acestei opțiuni se pot realiza modele care să fie extrudate după o direcție impusă (dată de o dreaptă desenată într-o altă schiță, axa unui sistem de coordonare sau muchia unui solid).

**7.a.** Bifarea opțiunii *Thick* permite realizarea solidelor extrudate cu o anumită grosime; devin active opțiunile din câmpul *Thin Pad. Thickness1* permite stabilirea grosimii pe interior profilului, iar *Thickness2* pe exteriorul profilului folosit.

Activarea opțiunii *Neutral Fiber* face ca profilul să fie considerat o fibră neutră iar în acest caz grosimea este aplicată simetric față de el.

Opțiunea Merge Ends prelungește capetele libere ale profilului până întâlnește un alt solid.

### Funcția Pocket

Funcția *Pocket* este o funcție care are la bază un profil dintr-o schiță; prin această comandă se îndepărtează material din modelul proiectat. Toate opțiunile prezentate la comanda *Pad* se regăsesc și pentru comanda *Pocket*.



Figura 3.4

Pentru a crea un element de tip *Pocket* se parcurg pașii prezentați în Figura 3.4. Se selectează profilul, se activează comanda *Pocket*, iar în fereastra care se deschide se completează câmpurile cu opțiuni, definindu-se așa cum se dorește această funcție, iar apoi confirmarea se realizează prin *OK*. În arborele de specificații se creează un nou element numit *Poket.1*, realizat cu profilul din schița *Sketch.2*.

### Funcția Shaft

Comanda *Shaft* este utilizată pentru modelarea corpurilor de revoluție. Funcția *Shaft* construiește solide prin adăugare de material și prin rotirea unui profil sau suprafețe în jurul unei axe.

Prin urmare, este necesară crearea unei axe în jurul căreia să se rotească profilul schiței; acesta poate fi închis sau deschis. Axa se construieste în schița profilului cu comanda *Axis*,

Se recomandă utilizarea procedeului prezentat în Figura 3.5, pentru cotarea diametrelor sau a razelor dintr-un profil față de o axă, în special pentru profilul care urmează să fie folosit în funcția *Shaft*. Se selectează linia de profil care urmează să fie cotată și apoi axa, iar înainte de a se așeza cota în spațiul de lucru se accesează meniul contextual, prin click dreapta, și se alege *Radius/Diameter*.



Un corp de revoluție creat cu funcția *Shaft* se obține rotind în jurul unei axe, linii sau muchii ale profilului, de la 0° la 360° completându-se corespunzător spațiile din câmpul *Limits: First angle* (unghiul de rotație în jurul axei pornind de la poziția inițială a profilului în sens orar) și *Second angle* (unghiul de rotație în jurul axei pornind de la poziția inițială a profilului în sens trigonometric), Figura 3.6.



Figura 3.6

### Funcția Groove

Funcția *Groove* este similară funcției *Shaft* doar că în loc să adauge material modelului, ea îl îndepărtează conform formei profilului utilizat.

Dacă nu a fost realizată o axă în schița profilului, se poate selecta ca axă de revoluție, așa cum este prezentat în exemplul din Figura 3.7 (3), axa implicită a modelului solid existent. Sau se mai pot utiliza axele predefinite (*X Axis*, *Y Axis* și *Z Axis*) din meniul contextual prin click dreapta în spațiul Selection din câmpul Axis.



Figura 3.7

### Funcția Hole

Această funcție îndepărtează materialul dintr-un model sub formă circulară, creând un alezaj cu anumite dimensiuni. Pentru utilizarea comenzii *Hole* nu este necesar creerea unui profil într-o schiță, așa cum se procedează la comanda *Pocket*. În schimb, este necesar să existe un solid creat, adică suportul găurii, suportul este de preferat să fie o suprafață plană sau un plan. Parametrii alezajului se definesc în câmpurile ferestrei care se deschide la accesarea acestei comenzi.

În fereastra de definire a comenzii *Hole* se găsesc 3 tab-uri, Figura 3.8, fiecare cu o serie de câmpuri pentru setările dimensionale ale alezajului:

- A. Extension;
- **B.** *Type* ;
- C. Thread Definition.

Hole Definition	Hole Definition
A Extension Type Thread Definition	B
Blind	Extension Type Thread Definition
Diameter 10mm	
1 Depth : 10mm	
Limit : No selection	Parameters
Offset : Omm 🔁 Positioning Sketch	6 Depth : 5mm
S 3	
Direction Bottom	- Anchor Point
Angle : 120deg	Extreme O Middle
No selection	
OK Cancel Preview	OK Grancel Preview
Extension Type Thread Definition	
Bottom Type	
8 Type: Dimension	
Thread Definition Standards	$\sim$
Type: No Standard   Add	(5d) (5e)
Hole Diameter: 10mm	
Thread Depth: 10mm	
Hole Depth: 10mm	
Pitch:	
Right-Threaded O Left-Threaded	
OK Cancel Preview	

Figura 3.8

- 1. Opțiuni referitoare la lungimea alezajului și diametrul acestuia;
- 2. Opțiuni referitoare la direcția alezajului;
- 3. Positioned Sketch deschide o schiță care permite poziționarea alezajului;
- 4. Opțiuni care permit schimbarea geometriei la fundul găurii;
- 5. Opțiuni referitoare la geometria și tipul alezajului;
  - **5.a** alezaj de tip simplu cilindric, *Simple*;
  - **5.b** alezaj de tip simplu conic, *Tapered*;
  - 5.c alezaj cu lamaj cilindric astfel încât capul șurubului să fie înecat, Counterbored;
  - 5.d alezaj cu lamaj conic astfel încât capul șurubului să fie înecat, Countersunk;
  - 5.e alezaj cu lamaj combinat: cilindric și conic, *Counterdrilled*;
- 6. Parametrii care definesc fiecare tip de alezaj;
- 7. Prin bifarea acestei opțiuni, *Threaded*, se activează opțiunile necesare definirii parametrilor filetului;
- 8. Opțiuni care definesc limitarea lungimii filetului;
- 9. Opțiuni care țin de tipul filetului și parametrii acestuia.

Un alezaj poate fi creat folosind fie comanda *Pocket* fie comanda *Hole*. Avantajul folosirii comenzii *Hole* constă în faptul că nu mai este necesară realizarea unui profil într-o schiță (această schiță se creează automat) și se pot introduce informații tehnice care definesc alezajul (ca de exemplu parametrii unui filet, dimensiunile unui lamaj, unghiul de înclinare la fundul găurii etc.)

Dacă se cunoaște, din etapele premergătoare proiectării unui model, că un profil care definește o gaură urmează să își modifice forma circulară, atunci se recomandă crearea acelei găuri cu funcția *Pocket*, în rest este de preferat folosirea comenzii *Hole*.

### Funcțiile Rib și Slot

Un alt procedeu de obținere a modelelor 3D este prin deplasarea contururilor după o curbă directoare. Procedura este similară cu cea de extrudare, dar folosește, în loc de direcția perpendiculară pe profilul schițat, o curbă directoare ce poate fi definită într-un plan. Profilul urmează curba. Funcția

*Rib* realizează un corp pozitiv, prin adăugare de material, iar funcția *Slot* realizează un corp negativ, prin îndepărtare de material Figura 3.9 (B).

În exemplul prezentat în Figura 3.10, după ce au fost realizate cele două schițe necesare, se activează funcția *Rib* (1). Profilul este sub formă de cer (2) și se completează în câmpul *Profile*, iar curba pe care o urmează și care este selectată în câmpul *Center curve* este arcul de cerc (3). Comanda *Rib* oferă posibilitatea de a controla direcția profilului prin 3 cazuri: *Keep angle* – unghiul dintre planul care conține profilul și tangenta la curbă rămâne constant; *Pulling direction* – profilul este extrudat de-a lungul curbei în raport cu o direcție specificată, aceasta poate fi un plan, o suprafață plană sau o muchie; *Refrence surface* – profilul este extrudat de-a lungul curbei respectând limitele unei anumite suprafețe de referință. Opțiunile *Pulling direction* și *Reference surface* au o opțiune suplimentară și anume *Move profile to path*. Această opțiune permite mutarea profilului pe curba directoare, în cazul în care acest lucru nu se întâmplă deja, și rotirea profilului în raport cu curba.



Figura 3.9

Se pot obține modele cu o anumită grosime dacă se bifează căsuța *Thick Profile*, iar această grosime poate fi creată pe interiorul profilului, *Thicness1* (5), pe exteriorul acestuia, *Thicness2*, sau și de o parte și de alta a profilului în mod simetric prin bifarea căsuței *Neutral Fiber*.





### Funcția Stiffener

Funcția *Stiffener* utilizează procedeul de extrudare și îngroșare pornind de la un profil deschis. Nervurile pot fi creat în două moduri: din lateral - când schița este extrudată pe direcția planului schiței și îngroșată pe direcția normală, Figura 3.11; și de sus - când schița este îngroșată pe direcția planului schiței și extrudată pe direcția normală, Figura 3.12.



Figura 3.11

În Figura 3.11 se poate observa utilizarea unei schițe cu profil deschis, este o linie a căror capete sunt coincidente cu suprafețele solidului. Grosimea adăugată nervurii este de 6mm, *Thickness1* (4), și este distribuită simetrică față de schița nervurii, câte 3 mm de fiecare parte a profilului, deoarece s-a bifat *Neutral Fiber* (5).





Când este realizată o nervură, capetele liniei din profilul schiței sunt proiectate pe cea mai apropiată suprafață a solidului. Iar nervura ca să poată fi realizată trebuie să intersecteze complet fețele de sprijin. Dacă una din suprafețe dispare, din cauza modificărilor ulterioare, atunci funcția afișează un mesaj de eroare.

*Se recomandă* pe cât posibil, modelarea nervurilor prin procedeul de extrudarea cu funcția *Pad*, deoarece aceasta utilizează profile închise care sunt mult mai stabile.

Pentru realizarea nervurii din Figura 3.12 a fost necesar crearea, mai întâi, a unui plan care se află la o anumită distanță față de suprafața plană din interiorul solidului, iar pe acest plan s-au realizat cele 2 linii utilizate în funcția *Stiffener* (2), rezultând astfel o nervură care pornește de sus, *From Top* (3), spre interiorul modelului.

### Funcțiile Multi-sections Solid și Removed Multi-sections Solid

De obicei, se utilizează funcțiile *Multi-sections Solid* și *Removed Multi-sections Solid* pentru modelarea solidelor complexe și a geometrilor de tranzit dintre două solide existente. Prima funcție realizează un corp pozitiv, prin umplerea cu material a spațiului dintre secțiunile utilizate, iar funcția *Removed Multi-sections Solid* realizează un corp negativ, prin îndepărtarea de material dintre două sau mai multe secțiuni.

Pentru utilizarea corectă a acestor funcții trebuie ținut cont de următoarele 3 aspecte:

- Selectarea secțiunilor se realizează consecutiv în ordinea în care apar pe ecran și nu se ține cont de ordinea în care au fost realizate;
- Punctele de închidere (*Closing point*) sunt afișate pentru fiecare secțiune selectată, aceste puncte de închidere indică modul în care sistemul conectează vârfurile profilelor, ele trebuie aliniate corect pentru a evita obținerea unor solide răsucite, Figura 3.13 (b);





- Săgeata care indică direcția de închidere a secțiunii trebuie să fie în aceeași direcție pentru fiecare secțiune, schimbarea direcției săgeții se obține apăsând pe ea cu cursorul.

În cazul în care punctele de închidere nu se regăsesc pe aceeași generatoare, nu sunt aliniate, se poate modifica poziția unui punct de închidere (*Closing point*) așa cum este prezentat în Figura 3.14. Se accesează meniul contextual prin click dreapta pe textul punctului respectiv și se alege comanda *Replace* (4), urmând să se aleagă apoi noul punct dorit (5).



Figura 3.14

Fereastra *Multi Section Solid Definition* care se deschide la activarea acestei funcții se completează în partea superioară cu secțiunile care definesc corpul, Figura 3.15 (2), iar în partea inferioară în zona *Guides* se completeză cu schițele care conțin curbele de ghidare (3), rezultând un corp solid (6).



Figura 3.15

În cazul în care profilul nu are puncte corespondente în celălalt profil, se utilizează metoda de cuplare manuală a punctelor, metodă prezentată în Figura 3.16. După ce s-au ales secțiunile (2), se alege tab-ul *Coupling* și se introduc puncte cuplate (*Coupling1, Coupling2* etc.) prin comanda *Add* pentru fiecare generatoare, selectându-se pe rând punctele care alcătuiesc generatoarea (6). Comanda *Add* devine activă doar dacă s-a selectat un câmp din fereastra *Coupling* (4), iar după selectarea consecutivă a tuturor punctelor care definesc o generatoare, se închide automat fereastra care s-a deschis la activarea lui *Add*.



Figura 3.16

### 3.2. Comenzi de cosmetizare ale solidelor (Dress-Up Features)

Odată ce a fost realizat solidul de bază, se poate trece la cosmetizarea lui cu ajutorul funcțiilor din bara de lucru *Dress-Up Features*. Această bară este prezentată mai jos, iar sub figură sunt enunțate principalele funcții de cosmetizare a modelului proiectat.



- A. Edge Fillet funcție pentru racordarea muchiilor unui solid;
- **B.** *Chamfer* funcție de teșire a muchiilor unui solid;
- C. Draft Angle funcție pentru definirea unghiurilor de înclinare a suprafețelor;
- D. Shell funcție pentru modelarea pieselor de tip "cochilie";
- E. Thickness funcție pentru adăugarea unei grosimi;
- F. Thread/Tap funcție pentru adăugarea parametrilor care definesc un filet interior sau exterior;
- G. Remove Face funcție pentru îndepărtarea unor porțiuni dintr-un solid.

#### **Funcția Edge Fillet**

Racordarea muchiilor unui solid se realizează cu ajutorul comenzii *Edge Fillet*. Această funcție permite rotunjirea muchiei de intersecție dintre două suprafețe, cunoscându-se valoarea razei.

După ce se accesează comanda *Edge Fillet*, se completează valoarea razei, Figura 3.17. Dacă se selectează o suprafață, se racordează toate muchiile care mărginesc această suprafață (se recomandă evitarea acestui mod de selecție datorită controlului defectuos). De asemenea, se pot selecta individual toate muchiile care se doresc a fi racordate.

Tipul de propagare a unei racordări se determină prin opțiunile *Tangency* (acest mod rotunjește muchia selectată și toate muchiile tangente la muchia selectată), *Minimal* (acest mod rotunjește doar

muchia selectată) sau *Intersecțion* (acest mod lucrează doar cu muchiile de intersecție cu alte elemente de bază, cum ar fi *Pad*, *Pocket*, *Rib* etc.).

*Se recomandă* selectarea muchiilor pentru racordare sub aceeași comandă în funcție de rolul lor în definirea modelul, se grupează dacă muchiile au aceeași rază, dacă sunt prelucrate la fel sau dacă nu necesită schimbări majore pentru modificări ulterioare ale modelului. De exemplu, se pot grupa toate muchiile orizontale sau toate muchiile verticale care au aceeași valoare pentru rază.



Figura 3.17

### Funcția Chamfer

Cu ajutorul comenzii *Chamfer* se pot defini șanfrene pe muchiile unui solid. Teșirea unei muchii se poate realiza, fie prin selectarea muchiei respective, fie prin selectarea unei suprafețe, rezultând astfel teșirea tuturor muchiilor care o mărginesc, Figura 3.18. Funcția *Chamfer* permite două metode de definire a teșiturii:

- cunoscând lungimea și unghiul adițional muchiei selectate, Lenght1/Angle;
- cunoscând cele două lungimi adiționale muchiei selectate, Length1/Length2.



Figura 3.18

### Funcția Draft

Funcția *Draft* permite înclinarea unor suprafețe sub un anumit unghi față de un element de referință denumit *Neutral Element*.

Materialul este adăugat sau îndepărtat în funcție de valoarea și direcția unghiului. În exemplul din Figura 3.19, după ce au fost selectate suprafața care urmează a fi înclinată (4) și cea de referință (5), se decide dacă conul se creează spre exteriorul modelului sau spre interiorul său, modificarea direcției unghiului se realizează prin apăsarea pe săgeata portocalie de pe ecran (5), rezultând în final corpul dorit (7).

### **Funcția Shell**

Așa cum se poate observa și în Figura 3.20, funcția *Shell* îndepărtează una sau mai multe suprafețe din solid (2) și adaugă o grosime constantă tuturor suprafețelor rămase (3), de asemenea se pot adăuga grosimi diferite de material suprafețelor selectate în câmpul *Other thickness faces*.





*Se recomandă* să se evite proiectarea solidelor cu pereți de grosime diferită cu funcția *Shell*, deoarece dacă grosimile sunt aproximativ egale, vizual se vor distinge greu diferențele.





*Se recomandă* să se ia în considerare ordinea elementelor care alcătuiesc un solid, atunci când se utilizează funcția *Shell*, deoarece aceasta extrage tot materialul solid dintr-un model, iar dacă nu se dorește ca un element să fie înconjurat de material cu o anumită grosime, acest element ar trebui creat după utilizarea funcției *Shell*. De exemplu, atunci când modelul proiectat conține o gaură, aceasta are pereții îngroșați de funcția *Shell*, Figura 3.21 (a), dar dacă se dorește proiectarea modelului din figura (b), atunci gaura trebuie realizată după ce carcasa a fost golită de material.



Figura 3.21

### Funcția Thread/Tap

Termenul *Thread* este folosit pentru definirea filetului exterior, iar *Tap* este utilizat pentru filetul interior. În CATIA, geometria reală a filetului exterior sau interior nu este afișată, este reprezentată pe piesă cosmetic, dar elementele prezente în arborele de specificații conțin parametrii care definesc filetul și geometria filetului dorit, cum ar fi diametrul, pasul și adâncimea. CATIA are două standarde pentru filete, filete metrice cu pas normal (*Metric Thick Pitch*) și filete metrice cu pas fin (*Metric Thin Pitch*), dar pot fi adăugate și alte standarde utilizând butonul *Add* din fereastra *Thread/Tap Definition*.



Figura 3.22

Pentru a crea un filet exterior pentru șurubul hexagonal prezentat în Figura 3.22, după activarea funcției *Thread/Tap* s-a selectat suprafață laterală a tijei șurubului cât și suprafața de început a filetului, *Limit Face* (3), s-a definit un filet metric M16 cu pas normal din standardul *Metric Thick Pitck* (4), iar lungimea tronsonului filetat este de 30mm, *Thread Depth* (5), cu filet pe dreapta (6).

Pentru a crea un filet interior, așa cum este prezentat în cazul piuliței hexagonale din Figura 3.23, se utilizează tot comanda *Thread/Tap*, dar după activarea acesteia se bifează *Tap* în fereastra *Thread/Tap Definition* care se deschide automat (2), apoi se selectează suprafețele care definesc filetul, suprafața laterală din gaura piuliței și suprafața limită de la care începe filetul, se definește filetul conform standardelor pe care le conține CATIA (4) și adâncimea zonei filetate.



Figura 3.23

### 3.3. Comenzi de editare ale solidelor (Transformation)

Modelarea unui solid care conține părți identice poate duce la proiectarea îndelungată atunci când trebuie realizată fiecare parte individual, iar pentru a reduce timpul de proiectare se pot utiliza funcțiile de pe bara *Transformation Features*. Aceste funcții de modelare, fie au rolul de-a modifica poziția solidului față de sistemul de axe global (translarea, rotirea, simetria) sau de-a modifica solidul (micșorează/mărește corpurile prin scalare), fie multiplică anumite elemente ale solidului prin oglindire sau prin utilizarea unor șabloane (rectangular, circular, oarecare).



#### **Funcțiile Translation și Rotation**

Funcțiile *Translation* și *Rotation* permit translarea și rotirea unui solid în raport cu sistemul absolut de axe al fișierului *CATPart*. Pentru funcția *Translation* este necesară definirea unei direcții (poate fi o axă, o linie în spațiu sau o muchie) și a unei distanțe de translație, iar pentru funcția *Rotation* este necesară definirea unei axe de rotație și a unui unghi, Figura 3.24.



Figura 3.24

#### Funcțiile Symmetry și Mirror

Deplasarea și orientarea unui solid într-o nouă poziție se poate realiza cu funcția *Symmetry*, este necesar doar selectarea unui element de referință, care poate fi un plan, o suprafață sau o linie realizată într-o schiță, Figura 3.25 (a). În schimb, dacă se dorește deplasarea și orientarea copiei unui solid într-o nouă poziție, atunci trebuie utilizată funcția *Mirror* (b), de această dată este necesar să se selecteze atât solidul (*Object to mirror*), cât și elementul față de care se realizează oglindirea (*Mirroring element*).



Figura 3.25

### Funcția Rectangular Pattern

Utilizarea funcției *Rectangular Pattern* determină realizarea unor multiplicări a unor elemente după un șablon rectangular. În exemplul prezentat în Figura 3.26 se multiplică elemetul de tip gaură (*Pocket.1*), după ce acesta este selectat se activează funcția *Rectangular Pattern*, (2). Această funcție poate fi definită prin 4 moduri, în funcție de tipurile de parametri care sunt selectați din lista *Parameters: Instance(s) & Length* – când se cunosc numărul de copii și lungimea totală în care trebuie încadrate copiile echidistant; *Instance(s) & Spacing* – când se cunosc numărul de copii și lungimea totală; *Instance(s) & Length* – când se cunosc distanța dintre copii și lungimea totală; *Instance(s) & Unequal Spacing* – când se cunosc numărul de copii așezate la distanțe inegale.

Se selectează prima direcție după care urmează să fie realizat șablonul rectangular, în câmpul *Reference element* (4) poate fi selectată o muchie, o axă etc., iar apoi se completează câmpurile pentru cea de-a doua direcție de pe tab-ul *Second Direction* (5).

Când se creeză un tipar cu funcția *Rectangular Pattern* există opțiunea de a îndepărta manual copiile (*Instance*) care nu sunt necesare. Este suficient să se apese, pe rând, pe punctele portocalii din mijlocul copiilor, iar aceste se dezactivează, activarea lor se realizează prin aceeași metodă, se apasă din nou punctul portocaliu.



Figura 3.26

#### Funcția Circular Pattern

Utilizarea funcției *Circular Pattern* determină realizarea unor multiplicări a unor elemente după un șablon circular. În exemplul prezentat în Figura 3.27 se multiplică elemetul de tip gaură (*Pocket.1*), după ce acesta este selectat se activează funcția *Circular Pattern*, (2). Această funcție poate fi definită

prin 5 moduri, în funcție de tipurile de parametri care sunt selectați din lista *Parameters: Instance(s)* & *total angale* – când se cunosc numărul de copii și unghiul total; *Instance(s)* & *angular spacing* – când se cunosc numărul de copii și unghiul dintre ele; *Angular spacing* & *total angale* – când se cunosc unghiul dintre copii și unghiul totală; *Complet crown* – când numărul de copii sunt așezate la unghiuri egale pentru un unghi total de 360deg; *Instance(s)* & *unequal angular spacing* - când numărul de copii sunt asezate la unghiuri inegale pentru un unghi total de 360deg.

Elementul de referință în jurul căruia se creează șablonul circular este axa Z, selectată din meniul contextual obținut prin click dreapta în câmpul *Reference element* (4).

Dacă se dorește obținerea unei multiplicări circulare sub formă de coroană în care elementele sunt așezate pe direcție circulară dar și pe direcție radială, se utilizează parametrii definiți în tab-ul *Crown Definition* (5).

Part1	Circular Pattern Definition	? × Circular Pattern Definition	? ×
yz plane	Axial Reference Crown Definition	Axial Reference Crown Definition 5	
zx plane	Parameters: Instance(s) & angular spacing	Parameters: Circle(s) & circle spacing	•
PartBody	Instance(s) : 8	Circle(s): 2 6	-
	Angular spacing : 45deg	Circle spacing: 20mm	-
	Total angle : 315deg	Crown thickness : 20mm	Eß
•- Sketch.2	Reference Direction click - dre	apta	
CircPattern.1	Reference element: Z Axis	10	
	Reverse Axis		
	Object to Pattern	Object to Pattern	
	Object: Pocket.1	Object: Pocket.1	
	Keep specifications	mpass Direction	
	Create Pla	ine	More>>
C. C.	OK Gancel	Preview OK Cancel	Preview

Figura 3.27

### Funcția User Pattern

Utilizarea funcției *User Pattern* determină realizarea unor multiplicări a unor elemente după un șablon oarecare, definit de proiectant. În exemplul prezentat în Figura 3.28 pentru a multiplica elemetul de tip gaură (*Pocket.1*), proiectantul definește poziția găurilor într-o schiță (*Sketch.3*). Schița conține 3 puncte, în punctele respective se află centrele cercurilor care definesc găurile.



Figura 3.28

### **Funcția Scaling**

Rolul funcției *Scaling* este de a scala un element utilizând ca referință un punct, un plan sau o suprafață plană.

După activarea funcției, așa cum se observă în Figura 3.29 (1), se completează câmpul *Reference* în care se selectează punctul *Point.1*, creat anterior activării funcției, iar în câmpul *Ratio* se introduce valoarea (rația) de scalare. Astfel, corpul a fost scalat uniform pe toate cele 3 direcții deoarece punctul se afla în mijlocul corpului.

În acest exemplu valoarea de scalare fiind supraunitară (1,5), se generează un corp mărit corespunzător. Dacă valoarea este subunitară (spre exemplu 0,5) corpul rezultă micșorat corespunzător, respectiv cu 50%.



Figura 3.29

3.4. Aplicații prezentate



<u>Link-ul exemplului 3.1</u>



# Exemplul 3.2

Exemplul 3.1

Link-ul exemplului 3.2

# Exemplul 3.3



Link-ul exemplului 3.3

# Exemplul 3.4



<u>Link-ul exemplului 3.4</u>

# Exemplul 3.5



Link-ul exemplului 3.5





# Exemplul 3.10



Link-ul exemplului 3.10

## 4. PROIECTAREA MODELELOR COMPLEXE PRIN METODA MULTI-BODY

Pe măsură ce urmează să se proiecteze modele tot mai complexe, este important ca proiectantul să își dezvolte abilitatea de a structura etapele proiectării cât mai potrivit. Un model organizat cât mai potrivit are următoarele avantaje:

- modelul este ușor de interpretat de către alți proiectanți;

- modelul este predictibil, astfel încât se pot face ușor modificări sau actualizări;
- modelul este usor de rearanjat sau de înlocuit anumite elemente constructive;
- anumite probleme ale modelului sunt uşor de rezolvat, deoarece cheia problemei este uşor de identificat.

În CATIA există o serie de unelte care permit proiectantului să își organizeze cât mai bine etapele de proiectare și anume:

- corpurile (*bodies*, *body*)
- datele geometrice (*geometrical set*)

Corpurile (*bodies*) sunt elemente de stocare și aranjare a funcțiilor care alcătuiesc un solid de tip *Part*. Un model complex poate fi alcătuit dintr-un număr nelimitat de corpuri. Fiecare corp se comportă independent față de celelalte până când acesta este integrat sau combinat cu celelalte corpuri cu ajutorul operațiilor booleene (*boolean operations*).

Datele geometrice (*Geometrical Set*) sunt de asemenea tot elemente de stocare și aranjare pentru funcțiile care definesc suprafețe și pentru elemente geometrice de referință (puncte, linii, plane, curbe în spațiu, schițe etc.).

În Figura 4.1 este prezentat un model care a fost creat utilizând metoda multi-Body, este vorba de o bielă a unui mecanism cu piston dintr-un motor al unui autovehicul. Fiecare corp a fost redenumit conform rolului pe care îl are în model, PICIORUL BIELEI, CORPUL BIELEI și CAPUL BIELEI. Corpurile mai pot fi redenumite în funcție de elementele din care sunt alcătuite acestea.

Modelul proiectat prin metoda multi-Body devine mult mai ușor de interpretat de către proiectant. De asemenea, proiectantul poate modifica funcțiile dintr-un anumit corp, reprezentând o zonă restrânsă a modelului, fără să influențeze structura totală a modelului.





Modul de lucru cu corpuri și operații booleene este particular doar pentru mediul de proiectare CATIA V5, nu se regăsește în alte programe de proiectare asistată de calculator (CAD).

*Este recomandat* ca piesele să fie construite în întregime cu ajutorul operațiilor booleene și nu ca o înșiruire de operații în cadrul unui singur corp. Cu cât complexitatea pieselor crește cu atât utilitatea funcțiilor booleene devine mai semnificativă.

*Este recomandat* ca în orice corp (*body*) să nu se utilizeze mai mult de cinci funcții de bază sau funcții booleene.

*Este recomandat* să nu se utilizeze în cadrul aceluiași corp atât funcții de bază cât și funcții booleene.

*Este recomandat* ca operațiile de cosmetizare (*dress-up*) să se facă după funcțiile de bază și după funcțiile booleene. Se pot utiliza oricâte operații de cosmetizare (*dress-up*) în cadrul aceluiași corp (*body*).

### 4.1. Elemente geometrice de referință

În modulul *Part Design* se pot crea puncte, linii și plane în afara mediului de lucru al schiței. Aceste elemente sunt denumite elemente geometrice de referință.

În funcție de cum s-au selectat opțiunile inițiale de creare ale unui *Part*, aceste elemente geometrice de referință pot fi afișate în arborele de specificații în două moduri.

Dacă s-a selectat opțiunea *Enable hybrid design*, elementele de referință vor fi afișate în arborele de specificații sub corpul *PartBody*, Figura 4.2 (1a).

Dacă opțiunea *Enable hybrid design* nu este selectată, elementele de referință sunt grupate ca date geometrice și se regăsesc în arborele de specificații sub fișierul *Geometrical Set*, Figura 4.2 (2a). Acest tip de fișier conține, doar elemente geometrice 3D, schițe și suprafețe, dar nu și elemente care creează părți solide.



Figura 4.2

### Crearea unui sistem de axe

După ce s-a deschis un *Part* nou, în mijlocul mediului de lucru 3D se pot observa cele 3 plane de bază de (*xy plane*, *yz plane* și *zx plane*); *se recomandă să nu se* utilizeze aceste plane în construcția modelelor, deoarece aceste plane de bază nu pot fi modificate, Figura 4.3 (1), ele doar se pot ascunde cu *Hide/Show*.

Se creează un nou sistem de coordonate cu ajutorul comenzii *Axis System*,  $\checkmark$ , din bara *Tools* (2), iar planele de bază se ascund utilizând funcția *Hide/Show* (din meniul contextual afișat prin click dreapta pe fiecare plan în arborele de specificații), pentru a nu aglomera inutil spațiul de lucru (5).



Figura 4.3

### Crearea punctelor și liniilor în spațiul 3D

Punctul este creat pentru a fi utilizat în marcarea unei locații a unui model sau pentru a fi folosit ca element ajutător în construcția altor funcții (comenzi), ca element de referință.

CATIA permite crearea unui punct prin mai multe metode, în funcție de tipul selectat din lista de opțiuni *Point type* din fereastra de definire a comenzii *Point* din bara *Reference Elements*, Figura 4.4 (prin coordonate, coincident la o curbă, coincident la un plan etc.).

Linia dreaptă în spațiu poate fi construită folosind funcția *Line*, *L*, din bara *Reference Elements*. Din fereastra care definește această comandă, *Line Definition*, se alege tipul de linie dintr-o listă de opțiuni *Line Type*:

- *Point-Point* definire prin punctele extreme;
- *Point-Direction* definire prin punct și direcție;
- Angle/Normal to curve normală la o curbă;
- Tangent to curve tangentă la o curbă;
- Normal to surface normală la o suprafață;
- Bisecting normală la o bisectoare.

În funcție de alegere, se specifică și caracteristicile elementelor care definesc linia, completânduse pe rând toate câmpurile, fie prin selectarea elementelor create anterior sau accesând meniul contextual prin click dreapta în spațiul câmpului corespunzător.



Figura 4.4

## Crearea unor plane noi

Un plan se construiește prin comanda *Plane*, *Z*, tot din bara *Reference Elements*, Figura 4.5 (1). În fereastra de definire a acestei funcții, *Plane Definition*, se poate opta pentru modul de definire a noului plan (2):

- Offset from plane paralel cu un plan de referință dar plasat la o anumită distanță de acesta;
- Parallel through point paralel cu planul de referință dar trecând printr-un punct impus;
- Angle/Normal to plane normal sau înclinat la un anumit unghi față de un plan;
- Through three points definit de trei puncte;
- Through two lines definit prin două linii;
- Through point and line definit print-un punct și o linie;
- *Through planar curve* definit prin curbe plane;
- Normal to curve normal la o curbă;
- Tangent to surface tangent la o suprafață;
- *Equation* definit printr-o ecuație;
- *Mean through points* definit prin puncte de mijloc.

În funcție de alegere, se specifică și caracteristicile elementelor care definesc planul, Figura 4.5. Se impune, de regulă, selectarea prealabilă a unui plan de referință, puncte, linii, curbe etc.



Se recomandă ca elementele de referință să fie grupate într-un *Geometrical Set*. De asemenea *se recomandă*, la realizarea elementelor de referință, să nu se folosească: suprafețele, muchiile sau elementele de cosmetizare ale unui solid. Motivul este că acestea pot suferi modificări ulterioare în proiectarea modelului (pot fi dezactivate, de exemplu o muchie racordată; își pot modifica forma, de exemplu o suprafață plană poate deveni o suprafață curbă etc.), iar elementele de referință sunt afectate și astfel modelul proiectat devine instabil.

#### **Geometrical Set**

Datele geometrice de tipul *Geometrical Set* sunt asemănătoare cu *folder*-ele utilizate în Windows, ele permit stocarea informației, stocarea unor elemente geometrice precum: linii, curbe, puncte, suprafețe, plane și schițe.

Elementele din interiorul unui set de date geometrice pot fi rearanjate mai sus sau mai jos în arborele de specificații fără să afecteze conceperea modelului.

Utilizarea multiplă a fișierelor *Geometrical Set* permite gruparea elementelor pe categorii. De exemplu, toate schițele se pot grupa sub un set de date geometrice redenumite SCHIȚE; elementele ajutătoare (liniile, punctele din spațiu și planele) pot fi grupate sub un set de date geometrice redenumit ELEMENTE DE REFERINȚĂ.

Fișierele *Geometrical Set* pot fi create și sub un corp (*body*), permițând gruparea elementelor de referință sau a schițelor utilizate la crearea acelui corp, astfel totul devine mai ușor de înțeles sau de modificat de către alți proiectanți.

Pentru a insera un nou set de date geometrice se parcurge traseul *Insert -> Geometrical Set....* Se deschide o fereastră în care se poate completa denumirea noului set de date și se stabilește poziția în arborele de specificații, Figura 4.6.



Figura 4.6

### 4.2. Metoda de proiectare cu mai multe corpuri, Multi-Body

Metoda de proiectare cu mai multe corpuri permite organizarea elementelor constructive ale unui model complex în corpuri diferite. Fiecare parte geometrică este realizată într-un corp separat, permițând astfel ca acesta să se comporte independent în model. Se recomandă gruparea elementelor constructive (*features*) care au design similar, sub același corp și denumirea lor să fie cât mai sugestivă pentru proiectant.

Există următorul dezavantaj: numărul de operații prin metoda cu mai multe corpuri, *Multi-Body* din Figura 4.7 (1a și 1b), este mult mai mare față de numărul de operații folosite la metoda de modelare standard, cea de înșiruire a operațiilor sub *PartBody*, (2).



Figura 4.7

Chiar dacă numărul de operații prin această metodă este mai mare, *se recomandă* utilizarea acestei metode de proiectare, deoarece are mult mai multe avantaje:

- această metodă oferă o abordare organizată de proiectare a modelelor complexe;
- elementele solide pot fi ascunse (*hide/show*) independent de restul modelului;
- elementele constructive sunt grupate și pot fi activate sau dezactivate ușor de restul modelului;
- o geometrie complexă este ușor de creat într-o zonă concentrată a modelului;
- modelul se actualizează (update) mult mai repede pe o structură organizată;

## **Realizarea corpurilor (bodies)**

Un corp (*body*) este o zonă de stocare și aranjare a elementelor care alcătuiesc un solid de tip *Part*. Orice *Part* are un corp predefinit, el este denumit *PartBody* și se regăsește în arborele de specificații sub planele de bază.

Corpurile pot fi adăugate, pentru a crea o structură cât mai potrivită și ușor de înțeles a unui model complex, parcurgând traseul: *Insert -> Body*.

Corpul predefinit, *PartBody*, nu poate fi șters și asupra sa nu pot fi aplicate operații booleene. Din acest motiv *se recomandă* să se evite construirea solidului sub acest corp.

Cu toate că anumite module (*workbench*) necesită ca volumele realizate să se găsească în *PartBody* pentru a putea fi folosite, cum ar fi *Generative Structural Analysis* unde se realizează analize cu element finit, nu se pot atribui proprietățile de material dacă solidul nu se găsește sub corpul predefinit.

Pentru aceste cazuri excepționale se poate apela la modificarea unui corp adăugat (*Body.2*) întrun corp predefinit (*PartBody*). Transformarea în *Partbody* se realizează prin click dreapta pe denumirea corpului din arborele de specificații (*Body.2*), iar din meniul contextual se alege *Body.2 object -> Change Part Body*, Figura 4.8.



Figura 4.8

### **Opțiunea Define in Work Object**

Corpurile și datele geometrice seamănă cu *folder*-ele din *Windows* în care se pot stoca elementele geometrice, iar opțiunea *Define in Work Object* ajută la selectarea în care corp (*body*), sau în care date geometrice (*geometrical set*), să se stocheze aceste elemente geometrice. *Folder*-ul în care se lucrează este pus în evidență în arborele de specificații printr-o simbolizare grafică, numele acestuia fiind subliniat.

Tot cu opțiunea *Define in Work Object* se mai pot adăuga operații intermediare a modelului proiectat în arborele de specificații. Se selectează elementul sub care se dorește introducerea noului element, Figura 4.9 (1), iar prin click dreapta pe numele lui în arborele de specificații se alege din meniul contextual opțiunea *Define in Work Object* (2). A se observa că toate elementele de sub elementul subliniat (*Pad.1*) sunt dezactivate (3). După ce se adaugă noul element, pentru a activa toate elementele din arborele de specificații, trebuie setată comanda *Define in Work Object* pe *Body.2*.



Figura 4.9

### Semnele corpurilor

Corpul predefinit *PartBody* nu are semn, deoarece nu poate fi utilizat în operații booleene. Toate celelalte corpuri pot fi create pentru adăugarea de material (ex. *Pad, Shaft* etc.), în acest caz corpul are semnul "+", sau îndepărtarea de material (ex. *Pocket, Groove* etc.) și corpul are semnul "-".



### 4.3. Operații Booleene

Solidele aflate în corpuri diferite nu formează un volum combinat, chiar dacă se intersectează între ele. Într-un anumit sens, este realizat un ansamblu

între elementele rezultate din fiecare solid. Pentru combinarea acestora se utilizează funcțiile booleene.

Operațiile booleene se aplică între corpuri sau în același *body*. Ele permit combinarea, scăderea sau eliminarea solidelor. Accesarea operațiilor se poate face din bara *Boolean Operations*, din meniul principal *Insert -> Boolean Operations*, sau din meniul contextual afișat prin click dreapta pe denumirea corpului, se alege *Body.2 object -> Add...* (una din funcțiile booleene). Funcțiile booleene sunt:



**A.** Assemble**B.** a. Add

- **b.** *Remove*
- **c.** Intersect
- C. Union Trim
- D. Remove Lump

### Funcția booleană Assemble

Comanda booleană Assemble permite unirea a două solide aflate în corpuri diferite într-un singur volum.

Ca modalitate de lucru pentru a uni corpurile cu funcția *Assemble*, prima dată ar trebui create toate corpurile care se doresc a fi unite, apoi se creează un corp gol (ex. corpul *Body.5 ASSEMBLE* din Figura 4.10), în care sunt asamblate aceste corpuri.



Figura 4.10

Se selectează comanda booleană *Assemble*, Figura 4.10 (1), din bara *Boolean Operations*, iar în fereastra de definire a acestei funcții se completează în ordine, corpurile care sunt unite între ele (2).

Funcția Assemble ține cont de semnul corpului astfel că, în cazul în care corpul are semnul "-" se realizează diferența dintre cele două corpuri. De exemplu, corpurile Body.3 și Body.4 din (5) sunt realizate având primul element Pocket, chiar dacă la prima vedere aceste corpuri par solide, folosite sub comanda Assemble aceste corpuri negative îndepărtează material din solidul inițial, rezultând o diferență dintre corpurile asamblate.

#### Funcția booleană Add

Comanda booleană *Add* este similară cu funcția *Assemble*, adică permite unirea a două solide aflate în corpuri diferite într-un singur volum. Diferența dintre cele două funcții este aceea că funcția *Add* nu ține cont de semnul corpului adăugat; chiar dacă un corp este negativ, adică are ca prim element unul care îndepărtează material, (ex. *Pocket*, *Groove* etc.) când este unit cu un alt corp prin *Add*, acesta adaugă material, rezultând însumarea corpurilor, Figura 4.11.



Figura 4.11

## Funcția booleană Remove

Comanda booleană *Remove* permite "extragerea" unui solid dintr-un alt solid, indiferent de semnele pe care le au corpurile.

Se creează toate corpurile care se doresc a fi folosite sub funcția booleană *Remove*, apoi se creează un corp gol (*Body*.4 din Figura 4.12).

Acesta este *folder*-ul care conține primul corp, adăugat cu *Assemble*, și corpul care îndepărtează material, adăugat cu *Remove*.



Figura 4.12

### Funcția booleană Intersect

Comanda booleană *Intersect* permite obținerea unui solid comun din două solide care se intersectează și se află în corpuri diferite. Dacă cele două corpuri nu se intersectează rezultă o eroare. Pașii pentru utilizarea acestei comenzi sunt prezentați în Figura 4.13.



Figura 4.13

## Funcția booleană Union Trim

Funcția *Union Trim* permite obținerea unui solid comun din două volume și totodată, eliminarea unor elemente din geometria obținută.

După aplicarea funcției, există posibilitatea selecției unor suprafețe care elimină o porțiune din solidul total, Figura 4.14 (3a) și (3b).



Figura 4.14

# 4.4. Aplicații prezentate

## Exemplul 4.1



# Exemplul 4.2

Link-ul exemplului 4.1





71

# 5. ASAMBLAREA COMPONENTELOR ÎN CATIA V5

După deschiderea programului CATIA, apare pe ecran modul de lucru *Product* (specific asamblărilor 3D). Dacă se lucrează deja în program se poate deschide acest mod de lucru din *START* - > *Mechanical Design* -> *Assembly Design* sau din *File* -> *New*, se deschide o fereastra denumită *New*, la fel ca cea din Figura 5.1, din care se selectează *Product*.

	CATA V5. (Product)	- # ×
New ? X	Applications	10 k k l 🍕 🖉 8 1 🖉 l 🖉 l 🖉 🖉 l
OK Cancel		
		CATIA
	crane an argoni, perentari or populationety contraint. Congre	

Figura 5.1

În Figura 5.1 (3) se poate observa aspectul modulului *Assembly Design* în care se pot asambla două sau mai multe piese de tip *Part*, rezultând la final un fișier de tip *Product*.

#### 5.1. Inserarea componentelor ansamblului

Funcțiile care ajută la inserarea sau creerea de noi piese în ansamblu sunt grupate pe bara de instrumente *Product Structure Tools*.



- **A.** *Component* funcție pentru realizarea unei noi componente, aceasta poate fi doar o piesă sau un subansamblu de piese;
- B. Product funcție pentru realizarea unui nou subansamblu;
- C. Part funcție pentru realizarea unei noi piese;
- **D.** *Existing Component* funcție pentru inserarea unei piese salvate anterior pe dispozitiv;
- **E.** *Existing Component With Positioning* funcție pentru inserarea unei piese salvate anterior pe dispozitiv, cu specificarea poziției în spațiul de lucru;
- F. Replace Component funcție pentru înlocuirea unei componente;
- G. Graph tree Reordering funcție pentru rearanjarea componentelor în arborele de specificații;
- H. Generate Numbering funcție pentru numerotarea componentelor;
- I. Selective Load funcție pentru încarcarea în spațiul de lucru doar a câtorva subansambluri;
- **J.** Manage Representations
- K. Fast Multi Instantiation funcție pentru înserarea componentelor repetitive;

Odată deschis documentul de tip *Product*, urmează inserarea pieselor componente ale ansamblului. În acest scop, se activează butonul *Existing Component*, din bara *Product Structure Tools*. Această comandă trebuie urmată imediat (eventual imediat precedată) de selectarea, în arborele de specificații, a numelui fișierului, de exemplu *Product 1*, cum apare în Figura 5.2 (2). După această

dublă selectare apare caseta de dialog *File Selection*, în care prin rubrica *Look in* (3), se poate selecta din memoria calculatorului, numele documentului de tip *Part* care se dorește inserat; Se selecteză *Open* (5), pentru a face posibilă apariția modelului *Part* în spațiul de reprezentare al ansamblului. Același efect poate fi obținut și folosind lanțul de comenzi *Insert -> Existing Component -> Product 1*, selectarea modelului *Part* din caseta *File Selection* și apoi *Open*. În arborele de specificații, sub *Product 1* apare denumirea primei piese inserate în ansamblul, însoțit de numărul de ordine (6). Urmează insearea celorlalte piese, folosind exact același procedeu.



Figura 5.2

Folosind comanda *Existing Component*,  $\square$ , pentru a introduce în mediul de asamblare piese exsistente, acestea sunt așezate una peste alta, deoarece toate piesele folosesc același mediu *Part* cu același sistem de coordonate. Comanda *Existing Component With Positioning*,  $\square$ , permite introducerea pieselor de tip *Part* deja existente dar și cu posibilitatea de a fi mutate într-o poziție dorită. După accesarea acestei comenzi trebuie selectat din arborele de comenzi *Product 1* (la fel ca la comanda *Existing Component*). Odată cu apariția piesei se deschide o fereastră *Smart Move*, așa cum se poate observa în Figura 5.3, în această fereastră se poate muta piesa prin tragerea acesteia cu ajutorul cursorului. Efectul este vizibil instantaneu, iar după ce piesa a juns în poziția dorită se închide fereastra prin comanda *OK*.



Figura 5.3

### Inserarea componentelor din catalog

CATIA are o bibliotecă de elemente de fixare standard și piese comune. Acest catalog este o colecție de componente în format *read-only* care pot fi utilizate într-un ansamblu.

Pentru a insera o componentă din catalog se parcurg pașii prezentați și în Figura 5.4:

- (1) se selectează comanda Catalog, iar apoi prin dublu click se selectează:
- (2) locația corectă a standardului din catalog,
- (3) categoria de componente dorită,
- (4) standardul corect din categoria de componente,



(5) componenta dorită, iar confirmarea se realizează apăsând pe OK în fereastra de previzualizare (6).

Figura 5.4

### 5.2. Mutarea individuală a componentelor

De multe ori pentru a putea îmbina două piese este necesar ca ele să fie mutate sau rotite în spațiul de asamblare astfel încât să devină vizibilă muchia sau suprafața care trebuie constrânsă. CATIA permite manipularea individuală a pieselor fară să modifice poziția celorlalte componente ale ansamblului. Funcțiile care ajută la mutarea pieselor în spațiul de lucru sunt grupate pe bara de instrumente *Move*.



- A. Manipulation funcție pentru translarea sau rotirea pieselor în spațiul de lucru;
- **B.** *Snap* funcție de așezare a unei piese peste sau lângă alta cu ajutorul unui element de referință;
  - a. Snap
  - **b.** Smart Move
- C. Explode funcție pentru obținerea unor vederi explodate;
- **D.** *Stop manipulate on crash* funcție pentru translarea sau rotirea unui corp până la impactul cu un alt corp;

Prima funcție de pe bara *Move* care poate fi folosită pentru translarea sau rotirea pieselor în spațiul de lucru este funcția *Manipulation*. După activarea acestei funcții se deschide fereastra *Manipulation Parameters*, Figura 5.5.


Figura 5.5

Fereastra de manipulare conține următoarele butoane:

- translarea după axa x, y, z sau după orice altă direcție indicată;
- deplasarea în planul xy, yz, xz sau oricare alt plan selectat;
- rotirea în jurul axei x, y, z sau după orice axa sau muchie selectată.

Comenzile de translare după o direcție, deplasare într-un plan sau rotirea în jurul unei axe, devin active doar după selectarea butonului specific. (în Figura 5.5 (2) este activ butonul *Drag along x axis*, translare după axa x). Se modifică poziția piesei prin tragerea acesteia cu ajutorul cursorului (3).

Dacă este bifată căsuța *With respect to constraints* din fereastra *Manipulation Parameter* atunci componentele se pot muta în funcție de gradele de libertate pe care le mai au în urma constrângerilor dintre piese.

*Snap* este a doua comandă de pe bara *Move*, ea permite mutarea unei piese spre cealaltă componentă în funcție de elementul geometric (punct, axa, muchie, suprafața etc.) care a fost selectat. Elementul selectat prima dată se deplasează spre cel selectat a doua oară. De exemplu, dacă prima dată s-a selectat o muchie de pe o piesă, iar apoi s-a selectat un punct de pe altă piesă, muchia se orientează astfel încât să treacă prin acel punct.

După ce s-a activat comanda *Snap* trebuie selectate elementele geometrice, în Figura 5.6 este prezentat un exemplu în care se selectează pe rând cele două muchii (2) și respectiv (3), se observă lipirea celor două muchii selectate, iar dacă trebuie schimbată direcția piesei se apasă prin click pe săgeata verde (4).



Figura 5.6

Sub comanda *Snap* prin derulare pe săgeata din dreapta-jos se găsește comanda *Smart Move*, Figura 5.7. Această funcție este un instrument cu roluri multiple, în primul rând se pot manipula și

muta componente, dar în același timp se pot impune și constrângeri între piese, dacă este necesar. Prin apăsarea butonului *More* (2) fereastra se extinde și se poate observa o listă cu constrângeri (de contact, de coincidență, paralelism etc.).



Figura 5.7

Se selectează pe rând de pe cele două piese elementele geometrice care pot fi: puncte, axe, muchii, plane, suprafețe plane sau circulare.

Constrângerile prezentate în listă sunt puse automat în funcție de elementele geometrice alese și de ordinea din listă. Prioritatea este de sus în jos, dar se poate modifica ordinea lor cu ajutorul celor două săgeți galbene din dreapta.

Bifarea căsuței Automatic constrain creation creează constrângeri permanente care apar și în arborele de specificații sub Constraints, dar dacă nu este bifată această căsuță piesele doar își mută poziția conform comenzii primite.

Dacă se selectează mai întâi componentele pe care vrem să le mutăm și apoi se accesează comanda *Smart Move*, se deschide o fereastră ca cea din Figura 5.8 în care se pot vizualiza pe rând piesele (butonul *Next component* permite trecerea de la o piesă la alta; acest buton nu este prezent în fereastră dacă a fost selectată doar o piesă). În acestă fereastră de vizualizare se poate roti sau mări piesa astfel încât să se poată selecta mai rapid și mai ușor elementul geometric folosit în această comandă. Se poate observa faptul că piesa mărită sau rotită în această fereastră de vizualizare nu și-a modificat aspectul sau poziția în spațiul de asamblare. Este foarte utilă acestă fereastră mai ales când ansamblul are multe componente iar unele muchii sau suprafețe nu sunt vizibile din cauza altor piese suprapuse. După ce au fost selectate elementele geometrice din fereastra de vizualizare, piesele își schimbă poziția în spațiul de asamblare și se poate confirma comanda cu *OK*.



Figura 5.8

### 5.3. Aplicarea constrângerilor de asamblare

După ce piesele au fost poziționate în spațiul de lucru acestea trebuie asamblate, acest lucru presupune constrângerea gradelor de libertate a fiecărei piese în parte. Dacă toate gradele de libertate a tuturor componentelor sunt restricționate atunci putem spune că ansamblul este constrâns complet. Dar sunt situații în care este necesar, mai ales dacă dorim să facem apoi o analiză dinamică, ca unele piese să mai aibă unele grade de libertate pentru a se putea mișca într-o anumită direcție, în acest caz spunem că ansamblul este parțial constrâns.

Comenzile de constrângere cer selectarea a două elemente geometrice de pe corpuri diferite, aceste elemente pot fi puncte, axe, muchii, plane, suprafețe etc. După ce cele două elemente au fost

selectate apar o serie de simboluri specifice fiecărei constrângeri în parte ca de exemplu: 北 , 🗖 ,

🔲 etc.

Aceste simboluri sunt unite printr-o linie, semn că respectiva constrângere a fost realizată, dar nu

se vede efectul constrângerii până când nu se apăsă pe butonul *Update All*, **(e)**, de pe bara *Update*. După apăsarea butonul de actualizare (*Update All*) piesa care nu este fixată în spațiul 3D se deplasează conform constrângerilor pe poziția corectă.

În continuare sunt prezentate mai detaliat comenzile de constrângere de pe bara Constraints.



- A. Coincidence Constraint funcție pentru constrângerea de coincidență;
- B. Contact Constraint funcție pentru constrangerea de contact dintre suprafețe sau plane;
- C. Offset Constraint funcție pentru definirea unei distanțe dintre două elemente;
- D. Angle Constraint funcție pentru definirea unui unghi dintre două elemente;
- E. Fix Component funcție pentru fixarea unui component;
- **F.** *Fix Together* funcție pentru constrângerea unor componente să se deplaseze ca o entitate singulară;
- G. Quick Constraint funcție pentru crearea rapidă a constrângerilor în funcție de o listă de priorități predefinită;
- **H.** *Flexible/Rigid Sub-Assembly* funcție pentru modificarea stării subansamblului în flexibil sau rigid.
- I. *Change Constraint* funcție pentru înlocuirea unor tipuri de constrângere cu alt tip de constrângere;
- J. Reuse Pattern funcție care dublează o componentă reutilizând un model de tip Part.

## Fixarea componentelor

Prima dată ar trebui aleasă o piesă care să rămână fixă în spațiul 3D *Product*, urmând apoi să se constrângă celelalte piese în funcție de această piesă fixă. Pentru a fixa o piesă se utilizează comanda *Fix Component*, Figura 5.9 (1), de pe bara de lucru *Constraints*. După accesarea acestei comenzi se poate selecta piesa direct din spațiul de lucru sau din arborele de specificații (2). Odată selectată piesa,

pe aceasta apare următorul simbol  $\mathbf{\ddot{s}}$ . Iar această constrangere se regăsește sub denumirea *Fix.1*, în arborele de specificații sub *Constraints*, așa cum se poate observa în Figura 5.9 (3).



Figura 5.9

#### Constrângerea de coincidență

Constrângerea de coincidență este folosită pentru a crea coincidența dintre axele a două elemente cilindrice, axele sunt selectate de pe componenete diferite. Această contrangere mai poate fi folosită și pentru a crea coincidența dintre puncte, muchii, plane sau suprafețe.

Se accesează comanda *Coincidence Constraint* iar pentru a selecta axele se apropie cursorul de primul element cilindric pănâ când această axa devine vizibilă, Figura 5.10 (2), se procedează la fel și pentru a doua axa (3). După ce au fost selectate axele, se observă simbolul specific acestei constrângeri , și totodată se vede o linie care unește cele două piese semn că s-a realizat constrângerea iar aceasta a fost adăugată și în arborele de specificații sub *Constraints*. Pentru a vedea piesa așezată pe poziția corectă conform constrângerii de coincidență se apasă pe butonul *Update* (4).



Figura 5.10

#### Constrângerea de contact

Constrângerea de contact este utilizată pentru a pune în contact două suprafețe plane sau cilindrice de pe componente diferite. Se pot selecta pentru această comandă următoarele elemente: plane, suprafețe plane, suprafețe cilindrice, sferice sau conice și muchii circulare.

Se selectează din bara comanda *Contact Constraint* urmând a fi alese cele două suprafețe care se doresc a fi în contact, de pe cele două componente diferite, Figura 5.11.



Figura 5.11

Dacă se aplică constrângerea de contact între două suprefețe cilindrice sau între o suprafață cilindrică și una plană, se deschide fereastra *Constraint Properties*, Figura 5.12 (1). Se alege orientarea contactului, dacă se realiză pe interiorul sau pe exteriorul cilindrului, din lista *Orientation* (2) și apoi se confirmă comanda cu OK (3).

ĺ	Constraint Properties	inte			? ×
	O Point contact	6 3			Measure
(1	Line contact	Name: Lir	e contact.1		
9	O Surface contact	Supporti	ng Elements		
		Туре	Component		Status
		Cylinder	ARBORE (Arbore)		Connected
		Cylinder	PANA (Pana)		Connected
					Reconnect
		Orientation	🕅 Internal 🦰 🔻	1	
			(2) -	·	
			$\mathbf{U}$	2	OK 🥥 Cancel
				(3	

Figura 5.12

# Constrângerea de distanță liniară

Constrângerea de distanță liniară *Offset Constraint* este utilizată pentru a plasa elementele selectate la o anumită distanță unele de altele. De asemenea, fețele sau planele selectate devin paralele între ele. Pentru a utiliza această constrângere se activează de pe bara de instrumente *Constraints* funcția *Offset Constraint*. Se selectează primul element geometric, acesta poate fi: o față plană, o suprafață circulară, un plan, o axă sau un punct din zona geometriei. După selectarea celui de al doilea element, de pe cel de-al doilea component, se deschide fereastra *Constraint Properties*, Figura 5.13.

Constraint Properties	? <b>• × •</b>
 Name: Offset.1 Supporting Elements	Measure
Type Component Plane ROATA (dintata) Plane ARBORE (Arbore)	Status Connected Connected Reconnect
Orientation Opposite	OK Cancel

Figura 5.13

Dacă se selectează două suprafețe plane, atunci sunt afișate două săgeți care au rolul de a reprezenta orientarea planurilor unul față de celălalt. Planele pot fi orientate în aceeași direcție (*Same*) sau în direcții opuse (*Opposite*). Pentru a inversa sensul direcție acestora, fie se apasă pe săgețile din spațiul grafic, fie se alege opțiunea dorită derulând meniul *Orientation* din fereastra *Constraint Properties* (2).

Valoarea distanței dintre cele două componente se poate modifica ulterior direct din arborele de specificații, așa cum se poate observa în Figura 5.14 este necesar să se selecteze prin dublu click constrângerea *Offset* și să se completeze noua valoare în fereastra care se deschide (2).



Figura 5.14

## Constrângerea de distanță unghiulară

Constrângerea de distanță unghiulară este utilizată pentru a poziționa două elemente geometrice la un anumit unghi unul față de celălalt. De asemenea, se poate utiliza această funcție pentru a așeza două suprafețe selectate paralele sau perpendiculare între ele.



Figura 5.15

Pentru a aplica această constrângere se alege comanda *Angle Constrain* de pe bara de instrumente *Constraints*. Se selectează primul element geometric, acesta poate fi: o față plană, o suprafață circulară, un plan, o axă sau o muchie. După selectarea celui de al doilea element, de pe cel de-al doilea component, se deschide fereastra *Constraint Properties*, Figura 5.15.

În fereastra *Constraint Properties* butonul radio *Angle* este selectat implicit (3), dar dacă este necesar, se poate opta pentru paralelism sau perpendicularitate (prin bifarea acestei opțiuni unghiul dintre suprafețele selectate este setat automat la  $90^{\circ}$ ).

După ce contrângerea este aplicată, valoarea unghiului este afișată atașată la suprafețele selectate Figura 5.16 (1), iar în cazul în care a fost aplicată constrângerea de perpendicularitate sau paralelism, între fețele selectate apare simbolul perpendicular, respectiv simbolul paralel. Numele constrângerii rezultate este, de asemenea, afisat în arborele de specificatii (2).



Figura 5.16

## **Constrângerea Fix Together**

Constrângera *Fix Together* este utilizată pentru a fixa poziția componentelor selectate una față de cealaltă. Odată ce componentele selectate sunt fixate împreună, ele pot fi mutate ca o singură componentă astfel încât poziția unei componente să rămână aceeași în raport cu o altă componentă.

Pentru a aplica această constrângere se alege comanda *Fix Together* din bara de instrumente *Constraint* și astfel se afișează fereastra *Fix Together* cum se poate observa în Figura 5.17 (1), pasul următor este selectarea componentelor care se doresc a fi legate (2), acestea vor apărea în fereastra *Fix Together* sub formă de listă în ordinea în care au fost selectate, pentru a șterge din listă un component selectat greșit este suficient să fie selectat din listă cu un singur click (3). Se confirmă constrângerea de legare prin utilizarea butonului OK (4).



Figura 5.17

### Utilizarea constrângerilor rapide de asamblare

În CATIA V5, există opțiunea *Quick Constraint* în care *software-*ul aplică constrângera cea mai adegvată pentru componetele selectate, utilizându-se de o listă cu constrângeri cu priorități diferite. Lista predefinită a constrângerilor are următoarea ordine: contact de suprafață (*Surface Contact*), coincidență (*Coincidence*), distanță liniară (*Offset*), distanță unghiulară (*Angle*), paralelism (*Parallelism*) și perpendicularitate (*Perpendicularity*). Se poate modifica ordinea acestor constrângeri și implicit prioritățile lor din opțiunile programului pe următorul traseu: *Tools -> Options -> Mechanical Design -> Assembly Design* pe tab-ul *Constraints* în zona *Quick Constraint* cu săgețile laterale constrângerea selectată se mută în jos au în sus în funcție de preferință.

## Schimbarea constrangerilor de asamblare

Cu ajutorul funcției *Change Constraint* se poate schimba o constrângere realizată între două componente cu o altă constrângere, acest lucru reprezintă înlocuirea tipului său (coincidență, paralelism, contact, distanță liniară etc.) cu un alt tip de constrângere. Această operație depinde de elementele geometrice implicate în tipul de constrângere respectiv, dar și de celelalte constrângeri existente între componentele ansamblului considerat. După activarea acestei funcții și selectarea constrângerei care se dorește a fi modificată, Figura 5.18 (2) se deschide o fereastră cu o listă a constrângerilor care ar putea înlocui constrângerea selectată, *Possible Constraints* (3). Se selectează una din constrângerile din listă și se confirmă prin apăsarea butonului OK (4).



Figura 5.18

### **Constrângerea Reuse Pattern**

Uneori, in timpul asamblării componentelor, poate fi necesar să se asambleze o componentă de mai multe ori în funcție de numărul de copii (*instance*) pe care le are un aranjament specificat. De

exemplu, în Figura 5.19 în cele 5 găuri pe care le are o placa trebuie asamblate un număr de 5 șuruburi. După ce se extrage din catalog un șurub și se constrânge într-o gaură, pentru celelalte 4 șuruburi se poate utiliza funcția *Reuse Pattern*, astfel se reduce numărul de operații necesare pentru asamblarea acestora și de asemenea, se reduce timpul de proiectare a etape de asamblare.

Fereastra Instantiation on a pattern care se deschide imediat ce a fost activată comanda Reuse Pattern, are bifată căsuța Keep Link with the pattern (2), ceea ce însemnă că rămâne activă legătura dintre exemplele noi create și geometria modelului.

Se selectează din arborele de specificații componenta, în acest caz șurubul (3), iar apoi se selectează modelul care a dus la realizarea găurilor de pe placă, în acest caz *CircPattern.1*. Pot fi utilizate modele circulare (*circular pattern*), dreptunghiulare (*rectangular pattern*) sau unele predefinite printr-o schiță (*user pattern*).

După setarea tuturor opțiunilor confirmarea comenzii se realizează apăsându-se pe OK (4), lista noilor componente este afișată în arborele de specificații și tot aici a fost creat un nou nod, denumit *Assembly features*, iar sub acesta este afișat modelul circular utilizat și componenta originală.



Figura 5.19

#### 5.4. Analiza ansamblului

Analiza ansamblului este necesară deoarece oferă proiectantului diferite informații privind starea constrângerilor, numărul gradelor de libertate pentru fiecare componentă, relațiile de dependență între componente sau constrângeri, interferențe între componente sau între ansambluri etc. Toate funcțiile de analiză ale ansamblului se găsesc în meniul *Analyze*.

Aşa cum se poate observa în Figura 5.20, pentru a analiza starea constrângerilor dintre componentele ansamblului suspensiei (2) și gradele de libertate a fiecarei componentă în parte (3), s-a activat funcția *Constraints* din meniul *Analyze* (1). Tab-ul *Constraints* din fereastra *Constraints Analysis* oferă informații legate de numărul total al componentelor care fac parte din ansamblu (*Components*), numărul componentelor care au rămas neconstrânse (*Not constrained*), numărul constrângerilor verificate (*Verified*), numărul constrângerilor imposibile de realizat deoarece geometria nu este comptibilă cu constrângerea folosită (*Impossible*), numărul constrângerilor care trebuie reactualizate (*Not update*), numărul constrângerilor din care lipsește un element de referință (*Broken*), numărul constrângerilor dezactivate (*Deactivated*), numărul constrângerilor din modul de măsurare (*Measure mode*), numărul constrângerilor de fixare a componentelor (*Fix Together*) și numărul total al constrângerilor utilizate în ansamblu (*Total*).

Tools	Analyze Window Help	Constraints Analysis         ?         X         Constraints Analysis         ?         X
10013	Bill of Material         Bill of Material         Constraints         Constraints         Constraints         Constraints         Constraints         Constraints         Constraints         Constraints         Constraints         Mechanical Structure         Compute Clash         Measure Item         Measure Between         Measure Inertia         Clash         Sectioning         Distance and Band Analysis	ANSAMBLU SUSPENSIE  Component ANSAMBLU SUSPENSIE Component ANSAMBLU SUSPENSIE Components Active components O Status Verified O Status Verified O Deactivated O Deactivate O Dea

Figura 5.20

Funcțiile care ajută proiectantul să analizeze ansamblul din punct de vedere al interferențelor dintre componete sau a distanțelor dintre acestea sunt grupate pe bara de instrumente *Space Analysis*.



- A. Clash funcție pentru analiza interferențelor dintre componente;
- B. Sectioning funcție pentru vizualizarea ansamblurilor în secțiune;
- C. Distance and Band Analysis funcție pentru analiza distanțelor dintre componente;

#### Funcția Clash

În cazul ansamblurilor complexe *se recomandă* să se verifice interferența și jocul dintre componentele acestora. Identificarea și eliminarea interferențelor este absolut necesară, deoarece în majoritatea cazurilor ansamblul respectiv nu funcționează.

Analiza interferențelor de asamblare se realizează cu ajutorul funcției *Clash* de pe bara *Space Analysis*, Figura 5.21, sau se poate activa această funcție din meniul *Analyze -> Clash...* Astfel se deschide fereastra *Check Clash* care are în zona *Type* (3) două meniuri pentru a selecta tipul de analiză dorit (analiză pentru contact și interferență, *Contact+Clash*; analiză pentru joc, contact și interferență, cu posibilitatea de a completa o valoare pentru joc, *Clerance+Contact+Clash*; analiza care permite penetrare pe o anumită distanță, *Autorized penetration* etc.) și opțiune pentru selectarea componentelor între care se calculează interferența.

După selectarea tututor opțiunilor pentru a se realiza analiza, se apasă butonul *Apply* (4), fereastra *Check Clash* se extinde și se afișează rezultatul analizei.



Figura 5.21

Zona de afișare a rezultatelor listează numele componentelor și tipul de interferență corespunzătoare. Se afișează într-o fereastră de previzualizare (*Preview*) locația interferenței dintre cele două componente selectate în lista analizei, Figura 5.22 (5), în această fereastră componentele se pot roti, mări sau micșora cu ajutorul funcțiilor pe care le deține *mouse*-ul.

În fereastra de previzualizare se identifică prin cod de culoare zonele care interferează, acestea sunt prezentate prin culoarea roșie, iar în lista analizei valorile sunt negative (*value*); zonele care sunt în contact au culoarea galbenă sau portocalie și valoarea zero în lista analizei; zonele între care există joc sunt prezentate cu culoarea verde, iar valorile sunt pozitive.

După verificarea interferențelor necesare, se închide fereastra analizei apăsându-se pe butonul OK(7).

Figura 5.22

### **Funcția Sectioning**

Uneori, este necesar ca un model de ansamblu să fie secționat pentru a se vedea secțiunea transversală a acestuia, astfel se poate analiza poziția componentelor în spațiu și se pot identifica interferențele dintre piesele montate în interiorul ansamblului, care nu pot fi vizibile din exterior.

Pentru a secționa un model de ansamblu, se alege funcția *Sectioning* de pe bara *Space Analysis*, Figura 5.23, după activarea ei se deschide fereastra *Sectioning Definition*, în spațiul de lucru se afișează planul de secționare (3) și fereastra *Section.1*, în care se observă reprezentarea 2D a vederii în secțiune (4).

În mod implicit, planul de secționare coincide cu planul YZ, pentru a schimba poziția planului de secționare se plașează cursorul peste acesta și astfel se afișează o săgeată verde bidirecțională. Această săgeată este normală cu planul de secționare, de asemenea, se poate utiliza busola roșie pentru a roti planul de secționare. O altă metodă de a poziționa planul de secționare ar fi cu ajutorul butoanelor cu funcții disponibile în tab-ul *Positioning* din ferestra *Sectioning Definition*.



Figura 5.23

# 5.5. Aplicații prezentate

# **Exemplul 5.1**



Link-ul exemplului 5.1

# Exemplul 5.2



## 6. MODULUL CATIA DRAFTING

Din punct de vedere al metodei de lucru, modulul *CATIA Drafting* poate fi considerat ca fiind construit din două submodule: *Interactive Drafting* și *Generative Drafting*.

Astfel, în *Intereactive Drafting* proiectantul creează vederile unei entități (piesă sau ansamblu) cu ajutorul instrumentelor de proiectare puse la dispoziție de program. Evident, din acest desen bidimensional nu se poate obține corpul tridimensional al respectivei entități proiectate.

În *Genereative Drafting*, pornind de la un corp tridimensional, creat anterior, se obțin numeroase proiecții (vederi și secțiuni) ale acestuia, reprezentând desenele de execuție necesare pentru o definire completă.

De asemenea, proiectantul trebuie să completeze proiecțiile obținute cu dimensiuni (liniare, unghiulare, de diametru etc.), cu condiții de rugozitate, de toleranță, cu adnotări, cu diferite rupturi, cu detalii etc.

În cazul ansamblurilor, modulul *CATIA Drafting* folosește numele componentelor acestora și ordinea în care au fost inserate pentru a crea în mod automat tabelul de componență.

## 6.1. Interfața modulului CATIA Drafting

Accesarea modulului *CATIA Drafting* din meniul START conduce la deschiderea implicită a unuia dintre cele două submodule, *Interactive Drafting* sau *Generative Drafting*, în funcție de existența în program a unui corp tridimensional, deschis sau creat anterior.

Astfel, dacă acest corp nu există, se deschide submodulul *Interactiv Drafting*. Desigur, în caz contrar, când în modulul *CATIA Part Design* se află un corp tridimensional, se deschide submodulul *Generative Drafting*.

Accesarea submodulului *Generative Drafting* se face din meniul *START -> Mechanical Design - > Drafting* și se afișează fereastra de dialog *New Drawing Creation*, prezentată în Figura 6.1 (a). În aceasta proiectantul alege sistemul de proiecții pentru corpul tridimensional obținut, dar și standardul (spre exemplu, ISO), formatul paginii, orientarea și scara.

Apăsând butonul *Modify*... se deschide fereastra de dialog *New Drawing*, prezentată în Figura 6.1 (b) pentru a selecta caracteristicile mediului de lucru.



Figura 6.1

Pentru a modifica ulterior standardul, formatul, orientarea și scara planșei de lucru (*Sheet*) în care se realizează proiecțiile, se accesează fereastra cu proprietăți, din meniul contextual prin click dreapta pe *Sheet.1* din arborele de specificații, Figura 6.2.

	Properties	? ×
Cick-dreapta	Current selection : Sheet.1/Drawing Sheet Name: Sheet.1 Scale: 1.1 Format Scale: 1.1 Format Scale: 1.1 Format Scale: 1.1 Format Display Width : 594,00 mm Height: 420,00 mm Height: 420,00 mm Height: 420,00 mm Height: 420,00 mm Compared Scale Projection Method Compa	E More Close



### 6.2. Inserarea chenarului și a indicatorului

Crearea unui desen de execuție nu se rezumă numai la obținerea și cotarea proiecțiilor unei piese sau ansamblu, ci și la completarea acestora pe planșa de lucru cu chenar, indicator și tabel de componență. Planșa și proiecțiile se află în două zone distincte, la care proiectantul nu are acces simultan. Trecerea din zona proiecțiilor în zona planșei se face cu ajutorul opțiunii *Edit -> Backgound*, iar trecerea înapoi, din zona planșei în cea a proiecțiilor, cu opțiunea *Edit ->Working View*.

În zona planșei, din meniul *Insert ->Drawing* se alege opțiunea *Frame and Title Block* pentru a insera un chenar și un indicator, alese din cele câteva predefinite, puse la dispoziție de program, Figura 6.3.

Atât chenarul cât și indicatorul sunt create din linii, litere și cifre, proiectantul având posibilitatea să le modifice în conformitate cu standardul pe care îl utilizează. Toate câmpurile indicatorului sunt editabile, proiectantul având posibilitatea de a interveni pentru modificări și completări. Astfel, se pot adăuga datele legate de numele companiei, numele celuia care a creat și verificat desenul de execuție, numărul de revizuiri etc. În funcție de materialul din care se realizează piesa, programul afișează automat și greutatea acesteia, calculată anterior în modulul CATIA Part Design.

v T	1 Insert Tools Wind Qbject Drawing Dimensioning Annotations Dress-up Geometry creation	Iow Help	Manage Frame And Title Block  Style of Title Block:  Drawing TitleBlock Sample 1  Action: Create Create Update Resize Update Check by Add a revision block
	Geometry creation Geo <u>m</u> etry modificatio	n Þ	Check by Add a revision block

Figura 6.3

Revenind în zona proiecțiilor, toate elementele chenarului și indicatorului se blochează, nemaifiind editabile, permițând proiectantului să se concentreze numai asupra proiecțiilor.

### 6.3. Reprezentarea vederilor

Pentru reprezentarea obiectelor în desenul tehnic industrial sunt necesare, de multe ori, mai multe proiecții care se amplasează în format într-o anumită ordine stabilită de standardul STAS 614-76. În această situație obiectul de reprezentat se consideră așezat în interiorul unui cub, Figura 6.4, iar proiecțiile sale ortogonale se obțin pe fețele interioare ale cubului (metoda cubului de proiecție), rezultând șase proiecții. Desfășurând fețele cubului într-un plan {1234} ca în Figura 6.4, se obține desfășurarea plană a proiecțiilor obiectului considerat, Figura 6.5.



Figura 6.4

Dispunerea celor șase proiecții rezultate se poate face ca în Figura 6.5 (a) sau ca în Figura 6.5 (b).



Figura 6.5

#### Bara de comenzi Views

Bara de instrumente *Views* este activă numai în submodulul *Generative Drafting*, iar cu ajutorul acesteia, proiectantul obține diferite vederi, secțiuni și detalii referitoare la corpul tridimensional al piesei.





### Inserarea vederii principale (Front View)

Din bara *Views* se apelează comanda *Front View*,  $\Box_{a}$ , după care se comută în fișierul modelului 3D selectându-se fața ce se dorește a fi vedere principală, Figura 6.6 (1). În paralel, în colțul dreapta-jos al modelului 3D, apare o previzualizare a vederii principale, (2). Click pe fața dorită ca și vedere principală și se revine automat în modulul *CATIA Drafting* unde, de asemeni, programul face o previzualizare a vederii principale (3).



Figura 6.6

*Observație: înainte de a stabili definitiv vederea principală, există posibilitatea ca previzualizarea* (3), să fie rotită atât în planul foii cât și în celelalte două plane (perpendiculare pe cel al reprezentării), utilizând butonul din (4). Când vederea principală are reprezentarea convenabilă, se face click pe spațiul foii sau în zona centrală a "telecomenzii" din (4). Dacă poziția vederii nu este convenabilă, aceasta poate fi mutată, prin manevra drag and drop (click pe vedere, glisare mouse, eliberare buton mouse), în altă locație din spațiul foii. Ar trebui să se obțină ceva asemănător cu (5).

## Inserarea vederii laterale (Projection View)

Urmează definirea unei proiecții ortogonale care se face cu ajutorul comenzii *Projection View*, din bara *Views*, Figura 6.7 (1). Odată lansată, în funcție de poziționarea mouse-ului pe foaie, mediul CATIA ne face "propuneri" în vederea stabilirii noii vederi, aici fiind hotărâtoare experiența inginerească. Click în zona corespunzătoare vederii și, deja, prima proiecție ortogonală este realizată (*Top View*, (2)).



Figura 6.7

Fiecare vedere este încadrată de un chenar ce poate avea două culori: roșu, când vederea este activată și albastru, când vederea este dezactivată. Pentru o bună aranjare a vederilor pe planșa de lucru a desenului de execuție, acestea se pot deplasa stânga-dreapta sau sus-jos, în funcție de tipul vederii.

În mod implicit, toate proiecțiile create în modulul CATIA Drafting sunt la scara 1:1 și poartă un nume prestabilit, precum: *Left View, Front View, Top View, Isometric View* etc. Aceste proprietăți,

dar și altele, precum orientarea vederii, prezența liniilor de simetrie, a filetelor, a liniilor ascunse (*hidden lines*) etc., pot fi modificare utilizând fereastra de dialog *Properties* accesibilă din meniul contextual (vizibil prin click dreapta) al vederii respective, Figura 6.8.

Dress-up	n lines 🧧 Center li	ne 🥃 3D sner	D 3D Colors		
Axis	Thread	ne - 50 spe	C D DD Colors		
Fillets	: 🥥 Boundaries		3D Points	: O 3D symbol inhe	ritance
	O Symbolic			Symbol X	-
	O Approximated	Original Edges	3D Wirefra	ime 🥥 Can be hidd	en
	O Projected Origi	nal Edges		O Is always vis	ible
View Nan	ne				
Prefix	ID		Suffix		

Figura 6.8

Inserarea vederii izometrice (Isometric View)

În vederea izometrică se reprezintă un corp 3D în concordanță cu un anumit plan de proiecție. Planul respectiv permite, astfel, o vizualizare în perspectivă.

Pentru a obține o vedere izometrică este necesară plasarea obiectului astfel încât muchiile sale să facă unghiuri egale cu planul de proiecție.

Se apasă pictograma *Isometric View* și se selectează un plan de referință pe corpul 3D deschis în modulul CATIA Part Design. Astfel, pentru semicupla Oldham, a fost selectat ca plan de referință fața frontală pe care se regăsesc cele două caneluri de cuplare. Pentru o mai facilă selectare a corpului 3D se recomandă așezarea în paralel, alăturat, pe verticală, a ferestrelor ce conțin modulul Part Design, respectiv modulul *Drafting*, cu ajutorul opțiunii *Tile Vertically* din meniul *Window*, Figura 6.9.



Figura 6.9

## Reprezentarea secțiunilor

*Secțiunea* este reprezentarea, în proiecție ortogonală pe un plan, a unui obiect după intersectarea acestuia cu o suprafață fictivă de secționare și îndepărtarea imaginară a părții obiectului aflată între ochiul observatorului și suprafața respectivă.

După modul de reprezentare secțiunea se clasifică:

a. *secțiune cu vedere,* când se reprezintă în vedere, odată cu secțiunea propriu-zisă respectivă, și partea din obiect vizibilă în spatele suprafeței de secționare (Figura 6.10 (A), în CATIA se obține acest tip de secțiune utilizând comanda *Offset Section View*, 20);

b. *secțiune propriu-zisă*, când se reprezintă numai figura care se obține din intersectarea obiectului cu suprafața de secționare (Figura 6.10 (B), în CATIA se obține acest tip de secțiune utilizând comanda *Offset Section Cut*, [2, 2]);



Figura 6.10



Din bara Views se utilizează comanda Offset Section View,





printr-o succesiune de click-uri în vederea principală se trasează axa verticală de secționare, iar apoi se confirmă această acțiune printr-un dublu click în spațiul de lucru și se poziționează secțiunea în dreapta vederii principale, Figura 6.11.

Hașurarea secțiunii este făcută automat de către program, dar, în unele cazuri, este necesar ca proiectantul să intervină pentru a modifica unghiul hașurii, pasul acesteia, tipul și grosimea liniei cu care a fost trasată etc. această editare se realizează din meniul contextual apărut în urma executării unui click dreapta pe hașură și alegerea opțiunii *Properties*, Figura 6.12.



Figura 6.12

Este posibil ca, în cazul hașurilor decalate, aflate de o parte și de alta a unui plan, să se șteargă o porțiune de hașură și să se creeze alta cu ajutorul comenzii *Area Fill Creation*, situată în bara de instrumente *Dress-Up*. Acest instrument hașurează o zonă închisă, hașura are, de regulă, aceleași caracteristici cu cea care a fost anterior înlăturată. Pentru a fi decalată față de



cea aflată de cealaltă parte a planului de secționare, trebuie modificat parametrul *Offset*, la o valoare recomandată de jumătate din cea stocată în parametrul *Pitch* (pasul hașurii). Orice actualizare a secțiunii respective retrasează și porțiunea de hașură înlăturată, de aceea se recomandă izolarea secțiunii accesând opțiunea *Isolate* din meniul contextual.

#### Inserarea secțiunii propriu-zisă deplasată (Offset Section Cut)

Se creează secțiunea propriu zisă cu ajutorul comenzii *Offset Section cut*, aceasta poate fi deplasată numai pe orizontală atâta timp cât nu se utilizează opțiunea *Position Independently of Reference View*, accesibilă din meniul contextual *View Positioning*, meniul devine accesibil prin click dreapta pe vederea nou creată. Deplasarea vederii se face cu ajutorul mouse-ului, Figura 6.13.



Figura 6.13

#### **Reprezentarea rupturilor**

Ruptura este reprezentarea convențională, în proiecție ortogonală pe un plan, a unei piese din care se îndepărtează o anumită parte, separând-o de restul piesei printr-o suprafață de ruptură, ea se execută cu scopul:

- a. Reducerii spațiului ocupat pe desen de reprezentarea piesei, prin îndepărtarea părții rupte, în special la piesele lungi, fără ca să fie afectată claritatea și precizia reprezentării;
- b. Reprezentării unor părți ale piesei, care la reprezentarea în vedere sunt acoperite de partea îndepărtată;

## Inserarea unei rupturi pentru reducerea spațiului (Broken View)

Pentru a insera o ruptură pentru reducerea spațiului se utilizează comanda *Broken View*. După ce a fost activată această comandă, Figura 6.14 (1), se stabilește lungimea rupturii print-o serie de 3 click-uri. Primul este utilizat pentru a marca începutul rupturii (2), al doilea click confirmă direcția (pe verticală sau orizontală) și înălțimea rupturii (3), iar ultimul click stabilește lungimea rupturii (4). Rupturile realizate cu funcția *Broken View* se realizează la sfârșit, deoarece se poate observa că după utilizarea ei o serie de comenzi sunt blocate (6), cum ar fi comenzile pentru secțiuni, pentru detalii sau pentru alte tipuri de rupturi.



Figura 6.14

Inserarea unei rupturi pentru vederea unei părți din piesă (Breakout View)

Se activează comanda *Breakout View* (1), urmând să se definească forma aproximativă a rupturii printr-un contur închis (2), iar după ce se obține conturul închis apare fereastra *3D Viewer* unde este previzualizat planul în care se realizează ruptura (3), prin confirmarea cu *OK* se obține vederea cu ruptura aferentă (5), Figura 6.15.



## Figura 6.15

#### **Reprezentarea detaliilor**

În unele cazuri, proiectantul indică în desenul de execuție unul sau mai multe detalii care reprezintă un anumit element al piesei, aflat într-o vedere sau în secțiune. Pentru obținerea acestor detalii se utilizează instrumentele *Details (Detail View, Detail View Profile, Quick Detail View* și *Quick Detail View Profile)*.

Un detaliu corespunde unei anumite zone a desenului de execuție, mărită la o scară diferită de 1:1. În mod uzual se adoptă scări 2:1, 3:1, 4:1, 5:1 etc. detaliul ce surprinde zona respectivă poate avea formă circulară sau una oarecare, poligonală, trasată de proiectant. Evident, într-un detaliu cotele sunt scrise la valoarea reală, nefind modificare după factorul de mărire.

## Inserarea unui detaliu (Detail View)

Un detaliu obținut cu funcția *Detail View* este prezentat în Figura 6.16. Se stabilește zona pe care se dorește a fi mărită cu ajutorul unui contur sub formă de cerc, a cărui rază poate fi modificată (2), scara detaliului obținut se modifică utilizând opțiunea *Properties* din meniul contextual al acestei vederi.



Figura 6.16

In cazul desenelor realizate pe calculator liniile de ruptură pot fi trasate în diferite moduri în funcție de programul ales. În programul CATIA aspectul lor se modifică cu ajutorul comenzilor de pe bara de instrumente *Grafhic Properties*.



Bara de instrumente *Graphic Properties* permite stabilirea culorii, tipului și grosimii unor linii din desen, copierea acestor caracteristici, apoi aplicarea lor pentru alte linii (*Copy Object Format,* ) și stabilirea tipului de hașură (*Pattern*) în funcție de materialul ales de proiectant pentru piesa al cărei desen de execuție este în lucru.

#### 6.4. Cotarea în desenul tehnic

După ce au fost create vederile, secțiunile, rupturile și detaliile, în continuare, proiectantul poate opta pentru cotarea manuală sau automată a desenului de execuție. Pentru cotarea manuală se utilizează instrumentele din bara *Dimensioning*, iar pentru cotarea automată cele din bara *Dimension Generation*.





- A. Dimensions
  - **a.** Dimensions
  - **b.** Chained Dimensions
  - c. Cumulated Dimensions
  - d. Stacked Dimensions
  - e. Length/Distance Dimensions
  - f. Angle Dimensions
  - g. Radius Dimensions
  - **h.** Diameter Dimensions
  - i. Chamfer Dimensions
  - j. Thread Dimensions
  - k. Coordinate Dimensions
  - I. Hole Dimension Table
  - m. Coordinate Dimension Table

Prima funcție de pe bara *Dimension* este funcția cu același nume, *Dimension*. Această funcție poate dimensiona cote de lungime, cote de rază sau cote de diametru, în funcție de elementul selectat spre cotare. Împreună cu setările suplimentare pe care le conține bara *Tools Palette*, se pot obține cote orientate pe orizontală, pe verticală, pe diagonală sau cote ancorate de anumite punte de intersecție a elementelor care formează conturul piesei.

## Inserarea unei cote de lungime (Length/Distance Dimensions)

Inserarea unei cote de lungime necesită folosirea comenzii *Length/Distance Dimensions*, modul de utilizare al acestei comenzi este prezentat în Figura 6.17, prin care se selectează o singură muchie de pe piesă sau în Figura 6.18 prin care se obține cota după ce au fost selectate două muchii de pe piesă.



Figura 6.17



Figura 6.18

Când sunt selectate două elemente diferite, așa cum este prezentat în exemplul din Figura 6.19 un element de arc și un segment de dreaptă, există posibilitatea de a modifica punctele de ancorare ale cotei respective cu ajutorul opțiunii *Extension Lines Anchor*, din meniul contextual accesat prin click dreapta înainte de a așeza cota în spațiul de lucru.





## Comanda Chained Dimensions

Utilizarea comenzii *Chained Dimensions* care permite cotarea în linie (lanț) este prezentată în Figura 6.20. După ce a fost activată această comandă (1), din bara *Tools Palette* se merge pe opțiunea *Force Horizontal dimension in view* (2), urmând să fie selectate una după alta toate elementele care se cotează (3-6), iar la sfârșit se așează cota de tip lanț în spațiul de lucru (7).



Figura 6.20 99

#### Comanda Cumulated Dimensions

Se alege comanda *Cumulated Dimensions* (1), urmând să fie selectat prima dată elementul comun față de care se raportează celelalte cote (3), iar apoi toate celelalte elemente care au mai rămas (4-6). La sfârșit se așează aceste cote în spațiul de lucru (7), Figura 6.21.



Figura 6.21

#### Comanda Staked Dimensions

În Figura 6.22 este prezentată utilizarea comenzii *Staked Dimensions* (1). La fel ca și în cazul comenzii *Cumulated Dimensions*, prezentată anterior, prima dată se selectează elementul comun față de care se raportează celelalte cote (3), urmând apoi să fie selectate toate celelalte elemente (4-6), iar la sfârșit se așează aceste cote în spațiul de lucru (7).



Figura 6.22

## Inserarea unei cote de unghi (Angle Dimensions)

Inserarea unei cote de unghi se realizează cu ajutorul comenzii Angle Dimensions, utilizarea acestei comenzi este prezentată în Figura 6.23. Înainte de a poziționa cota în spațiul de lucru se poate decide din ce cadran să facă parte acel unghi, folosind opțiunea Angle Sector din meniul contextual accesat prin click dreapta.





Inserarea unei cote de raza (Radius Dimensions)

Inserarea unei cote care definește o rază sau o racordare se realizează cu ajutorul comenzii *Radius Dimensions*, modul de utilizare al acestei comenzi este prezentat în Figura 6.24. În cazul racordărilor, după ce se activează comanda *Radius Dimensions* se selectează arcul de cerc dintre suprafețele racordate și se poziționează în spațiul de lucru cota respectivă.



Figura 6.24

Inserarea unei cote de diametru (Diameter Dimensions)

Pentru inserarea unei cote care definește un cilindru de un anumit diametru se utilizează comanda *Diameter Dimensions*, aceasta este prezentată în Figura 6.25.



Figura 6.25

### Cotarea unei teșituri (Chamfer Dimensions)

Teșiturile se cotează folosind comanda *Chamfer Dimensions*, se selectează efectiv linia de trecere intre două suprafețe concurente. Orientarea cotei se poate face orizontal, înclinat sau vertical, în funcție de poziția teșiturii pe desen. Stabilirea acestei orientări se realizează din meniul contextual al cotei respective, opțiunea *Properties* în tab-ul *Dimension line*, Figura 6.26.



Figura 6.26

## Comanda Thread Dimension

În Figura 6.27 sunt prezentate 3 exemple de cotarea a unor găuri filetate.



Figura 6.27

Se selectează comanda *Thread Dimension* (1), urmată de selecția orientării cotei din bara *Tools Palette* (2), iar la final se selectează liniile care simbolizează filetul din vederea frontală sau din cea secționată (3).

În modulul *CATIA Drafting* o gaură filetată este reprezentată în desenul de execuție conform standardului SR ISO 6410-1:1995, în care sunt prezentare modul de reprezentare a filetelor pe desenul tehnic, doar dacă alezajul a fost realizat în modulul *CATIA Part Design* cu funcția *Hole*, , iar în tab-ul *Thread Definition* a fost bifat opțiunea *Threaded* (completându-se astfel parametrii filetului) sau dacă filetul a fost adăugat ulterior prin comanda *Thread/Tap*, , Figura 6.28.

Hole Definition	Thread/Tap Definition
Hole Definition   Extension Type Thread Definition  Threaded  Bottom Type Type: Dimension Type: Dimension Thread Definition Type: Metric Thick Pitch Thread Definition Type: Metric Thick Pitch Hole Diameter: 8,376mm Metric Thick Pitch Hole Depth: 10mm Hole Depth: 10mm Pitch: 1,5mm Pitch: 1,5mm Pitch: Concel Preview	Inread/Iap Definition   Lateral Face:   Hole:/\Face.1   Limit Face:   Hole:/\Face.2   O Thread   Tap   Reverse Direction   Bottom Type:   Dimension   Remove   Standards   Add   Bottom Type:   Dimension   Remove     Add   Remove     Numerical Definition   Type:   Metric Thick Pitch   Thread Description:   M14   Support Diamete::   14mm   Support height:   5mm   Support height:   6   Right-Threaded   Left-Threaded
	OK Cancel Preview
Omanda Hole	<b>b</b> Comanda <i>Thread/Tap</i>

Figura 6.28

În cazul în care, de pe proiecția obținută lipsesc simbolurile specifice reprezentării filetelor, acestea se pot adăuga prin bifarea opțiunii *Thread* din câmpul *Dress-up* al tab-ului *View* din fereastra de dialog *Properties*, accesând meniul contextual al portului de vedere, Figura 6.29.

## Comanda Hole Dimension Table

În Figura 6.30 este prezentată metoda de cotare în coordonate, prima dată se selectează toate găurile ce trebuie cotate (1-3) și apoi se activează comanda *Hole Dimension Table* (4), din fereastra care se

Dress-up	
Hidden Lines Center Line 3D sp	ec 🔲 3D Colors
🗆 Axis 🧧 Thread	
📮 Fillets : 🔮 Boundaries	<b>3D Points :</b> O 3D symbol inheritance
○ Symbolic	Symbol X
O Approximated Original Edge	es 🔲 3D Wireframe 🥥 Can be hidden
O Projected Original Edges	O Is always visible

Figura 6.29

deschide se pot rearanja coordonatele sistemului de axe pe direcția x și pe direcția y (5). Se poate stabili un titlu pentru tabelul ce urmează a fi creat și modul de afișare al liniilor și coloanelor acestui tabel. Numerotarea găurilor se face în ordinea în care acestea au fost selectate. Tabelul poate fi așezat și mutat oriunde în spațiul de lucru (7), iar o serie de proprietăți pot fi modificate din meniul contextual prin opțiunea *Properties*.



Figura 6.30

#### Cosmetizarea cotelor

După ce a adăugat o cotă în desenul de execuție, proiectantul poate opta pentru repoziționarea manuală a acesteia pentru a nu se intersecta cu alte cote sau pentru a evita situațiile în care cota respectivă nu este îndeajuns de vizibilă, fiind situată deasupra unor elemente ale desenului.

Repoziționarea cotelor se realizează cu ajutorul unor manipulatori săgeți (*Move value, Move dimension line* și *Move dimension line secundary part*), neactivați în mod implicit la deschiderea primei sesiuni de lucru în CATIA. Astfel, pentru activare, se accesează meniul *Tools -> Options -> Mechanical Design -> Drafting -> Manipulators*, așa cum se observă în Figura 6.31, în care proiectantul poate bifa manipulatorii pe care îi dorește activi.

Dimension Mar	nipulators		
		Creation	Modification
	Modify overrun:	<b>1</b>	<b>1</b>
	Modify blanking:	<b>1</b>	<b>2</b>
▼	Insert text before:	1	<b>1</b>
▼	Insert text after:	<b>F</b>	<b></b>
÷	> Move value:	ø	, ₩
	Move dimension line:	<b>1</b>	<b>F</b>
	Move dimension line secondary parts	<b>1</b>	
$\diamond$	Move dimension leader	<b>1</b>	<b>1</b>



Pentru a repoziționa o anumită cotă se folosesc cele două săgeți albe cu sens dublu, iar pentru a adăuga indicații se apasă pe triunghiurile roșii, pe ecran fiind afișată una din ferestrele de dialog *Insert text before sau Insert text after*. Odată introdus textul, acesta este afișat în dreptul cotei corespunzătoare, având rolul de a oferi informații suplimentare (exemplu, 4 găuri Ø12 dispuse echidistant).

Modalitatea de poziționare a cotei se stabilește din meniul contextual al respectivului port de vedere, opțiunea *Properties*, tab-ul *Dimension line*. Tot din acest tab proiectantul stabilește și forma săgeților cotelor, Figura 6.32.

Din tab-ul *Value* se alege orientarea valorii cotei având ca referință linia de cotă, ecranul sau vederea curentă. Astfel, în unele cazuri, este necesar ca valoarea cotei să fie dispusă perpendicular pe

linia de cotă, paralel cu aceasta, sau înclinată cu un anumit unghi. Indiferent de orientare, valoarea cotei se înscrie relativ la linia de cotă în funcție de câmpul *Offset*. Pentru a stabili formatul și precizia cotei respective se completează câmpurile din zona *Format*, Figura 6.33.

Figura 6.33

## 6.5. Notarea stării suprafețelor

În procesul de obținere a suprafețelor unei piese, prin diferite procedee tehnologice (strunjire, frezare, turnare, forjare etc.), acestea (suprafețele) rezultă cu mici asperități, uneori neobservabile cu ochiul liber. Ansamblul acestor microneregularități ale suprafeței rezultate în urma unui proces tehnologic se numește *rugozitate*.

Rugozitatea suprafeței se exprimă prin unul sau mai mulți parametri conform standardul SR ISO 4287: 2000 exprimați în micrometri ( $R_a$  – abaterea medie aritmetică a profilului,  $R_z$  – înălțimea neregularităților în 10 puncte alese arbitrar,  $R_y$  – înălțimea maximă a profilului etc.).

Starea suprafețelor indicată pe desen reprezintă starea finită a suprafețelor (inclusiv tratamente termice și termochimice, acoperiri metalice etc.), înainte de vopsire și lăcuire.

Simbolurile utilizate pentru indicarea rugozității suprafețelor sunt prezentate în SR EN ISO 1302:2002. Se poate utiliza simbolul de bază "Figura 6.34 (a); simbolul din (b) se folosește când îndepărtarea de material este obligatorie; simbolul din (c) se folosește atunci când se interzice îndepărtarea de material. Acest simbol se folosește și pe desenele de operații pentru a arăta că o suprafață trebuie să rămână în aceeași fază ca la operația precedentă; dacă trebuie să fie indicate caracteristicile speciale ale suprafeței atunci la brațul cel mai lung al simbolului de bază se completează cu o linie ca în (d); dacă pentru toate suprafețele piesei este cerută aceeași stare a suprafeței, atunci se folosește simbolul din Figura 6.34 (e).



Figura 6.34

Simbolul grafic trebuie utilizat o singură dată pe o suprafață și, de preferat, pe proiecția unde figurează cota care definește suprafața sau poziția acestei suprafețe.

## Inserarea rugozităților pe desen (Roughness Symbol)

Pentru a înscrie rugozitatea pe anumite suprafețe ale piesei, se consideră parametrul de profil  $R_a$ , indicând suprafața și valoarea sa, cu ajutorul comenzii *Roughness Symbol* aflată pe bara de instrumente *Annotations*, Figura 6.35.



Figura 6.35

#### Comanda Text With Leader

Pentru a adăuga o adnotare pe desenul de execuție se utilizează comanda *Text With Leader* de pe bara de instrumente *Annotations*. Adnotarea prezentată în Figura 6.36 este necesară pentru a informa utilizatorul desenului de execuție asupra faptului că sunt 4 găuri cu diametrul Ø6 echidistant pe circumferință unui cerc.



#### 6.6. Notarea pe desen a abaterilor dimensionale și geometrice

Precizia dimensională absolută a pieselor nu poate fi obținută prin procedeele tehnologice cunoscute, realizându-se piese cu abateri dimensionale, care reprezintă o precizie relativă dimensională a pieselor.

Precizia relativă de execuție stă la baza interschimbabilității pieselor. Fabricarea unor piese cu același fel de abateri dimensionale permite fabricarea pieselor de schimb, iar loturile de piese cu aceeași abatere asigură montajul în producția de serie.

Abaterile dimensionale – toleranțele – se înscriu pe desenul de execuție în vederea stabilirii tehnologiei de prelucrare.

#### Inserarea toleranțelor liniare și unghiulare pe desen

Pentru a adăuga condițiile de toleranță ( $\pm 0,1$ ) se selectează fiecare cotă în parte, din bara de instrumente *Dimension Properties*, în câmpul *Tolerance Description* se alege *Tol\_Num2*, apoi în câmpul *Tolerance* se înscrie valoarea +-0,10, Figura 6.37 (2a). Înscrierea toleranțelor se mai poate efectua pentru fiecare cotă în parte din meniul contextual al acesteia. În Figura 6.37 (2b) este afișată fereastra de dialog *Properties*, tab-ul *Tolerance*, în care apar câmpurile *Upper Value* și *Lower Value*.



Figura 6.37

### Notarea pe desen a abaterilor geometrice

Datorită impreciziei inevitabile la prelucrare apar abaterile de la forma geometrică ideală, cea proiectată, a pieselor. Având în vedre rolul funcțional al piesei, aceste abateri de formă geometrică și de poziție reciprocă a suprafețelor trebuie păstrate în anumite limite, care sunt reglementate prin standarde. Toleranțele de formă geometrică și de poziție se înscriu pe desene numai dacă sunt necesare pentru asigurarea interschimbabilității pieselor respective.

Toleranța geometrică aplicată unui element definește zona de toleranță în interiorul căreia trebuie să fie cuprins elementul respectiv.

Zona de toleranță este suprafața sau spațiul cuprins în interiorul unui cerc (sau cilindru), între două cercuri concentrice (sau doi cilindri coaxiali), între două linii paralele (sau plane paralele) în interiorul unui paralelipiped.

*Elementul de referință* este un element real al unei piese (muchie, suprafața unui alezaj) care este utilizat pentru determinarea poziției unei baze de referință.

### Inserarea toleranțelor geometrice pe desen (Geometrical Tolerance)

În Figura 6.38 este exemplificat modul în care se inserează pe desen toleranțele geometrice. Prima dată s-a adăugat o bază de referință A în interiorul alezajului central, s-a utilizat comanda *Datum Feature* (1). Suprafața cilindrică cu diametrul de 70mm are o toleranță geometrică de concentricitate de 0,01mm față de baza de referință A, a fost utilizată comanda *Geometrical Tolerance* (3) iar în fereastra acestei comenzi s-au completat câmpurile pentru *Tolerance* și *Reference*, iar apoi sa ales simbolul caracteristic concentricității.



Figura 6.38

# 6.7. Aplicații prezentate

# Exemplul 6.1



<u>Link-ul exemplului 6.1</u>

Exemplul 6.2



<u>Link-ul exemplului 6.2</u>

# Exemplul 6.3



Link-ul exemplului 6.3
## BIBLIOGRAFIE

- 1. Crismaru Ionuț, (2017), Proiectare in CATIA V5. Curs, Continental, The Future in Motion.
- 2. DASSAULT SYSTEMES, (2008), *Tutorial: CATIA Assambly expert*, EDU\_CAT\_EN\_ASM\_AF\_V5R19.
- 3. DASSAULT SYSTEMES, (2008), *Tutorial: CATIA Detail Drafting*, EDU\_CAT\_EN\_DDR\_FF\_V5R19.
- 4. DASSAULT SYSTEMES, (2008), *Tutorial: CATIA Fundamentals*, EDU\_CAT\_EN\_V5F\_FB\_V5R19.
- 5. DASSAULT SYSTEMES, (2009), *Tutorial: CATIA V5 Automotive-Body*, EDU\_CAT\_EN\_V5VB\_FF\_V5R19.
- 6. DASSAULT SYSTEMES, (2009), *Tutorial: CATIA V5 Automotive-Chassis*, EDU\_CAT\_EN\_V5VC\_FF\_V5R19.
- 7. Ghionea Ionuț Gabriel, (2016), *Proiectarea asistată în CATIA V5. Elemente teoretice și aplicații*, Editura BREN, București.
- 8. Ghionea Ionuț Gabriel, Cristian Tarba, Sasa Cukovic, (2021), CATIA V5. Aplicații de proiectare parametrică și programare, Editura Printech, București.
- 9. Hervay Péter, Horváth Richárd, Kátai László and all, (2012), *CAD Book*, Course bulletin, Typotex Publishing House, Budapest University of Technology and Economics.
- 10. Iliuță Virgil, (2007), Desen Tehnic. Noțiuni de bază, suport de curs electronic, Galați.
- 11. Morar Florica, Bucur Bogdan, (2018), Desen Tehnic curs didactic, suport de curs electronic.
- 12. Nowak Joseph, (2011), *Designing for change with CATIA V5R20. Basic Methods and applications*, AURORA CAD Training and Development.
- 13. Sham Tickoo, (2015), CATIA V5-6R2014 for Designers (12th Edition), XADXIM Technologies, USA.
- 14. Știrbu Cristel, (2007), Prietenul SOLIDWORKS al proiectantului, Editura Tehnopress, Iași.
- 15. Știrbu Cristel, (2011), Proiectare asistată. CATIA. Suprafețe, Volume, Editura Tehnopress, Iași.
- 16. Tero Mircea, Bucur Bogdan, Bratu Gheorghe, (2019), *Desen Tehnic*, Suport de curs după lucrarea tipărită: Tero Mircea, Bucur Bogdan, Bratu Gheorghe (2013) "*Geometrie descriptivă și desen tehnic*", Editura Napoca Star, Cluj-Napoca.
- 17. Tufescu Ana, (2018), Proiectarea asistată în CATIA V5. Aplicații in ingineria autovehiculelor, Editura Tehnopress, Iași.
- 18. Zamani Nader, Weaver Jonathan, (2007), CATIA V5 Tutorials in Mechanism Design and Animation, SDC Publication, Detroit.
- 19. \*\*\* SR EN ISO 4032:2013 Piulițe hexagonale normale (stil 1). Grade A și B.
- 20. https://www.inc.com/encyclopedia/computer-aided-design-cad-and-computer-aided-cam.html (accesat pe 2.08.2022)