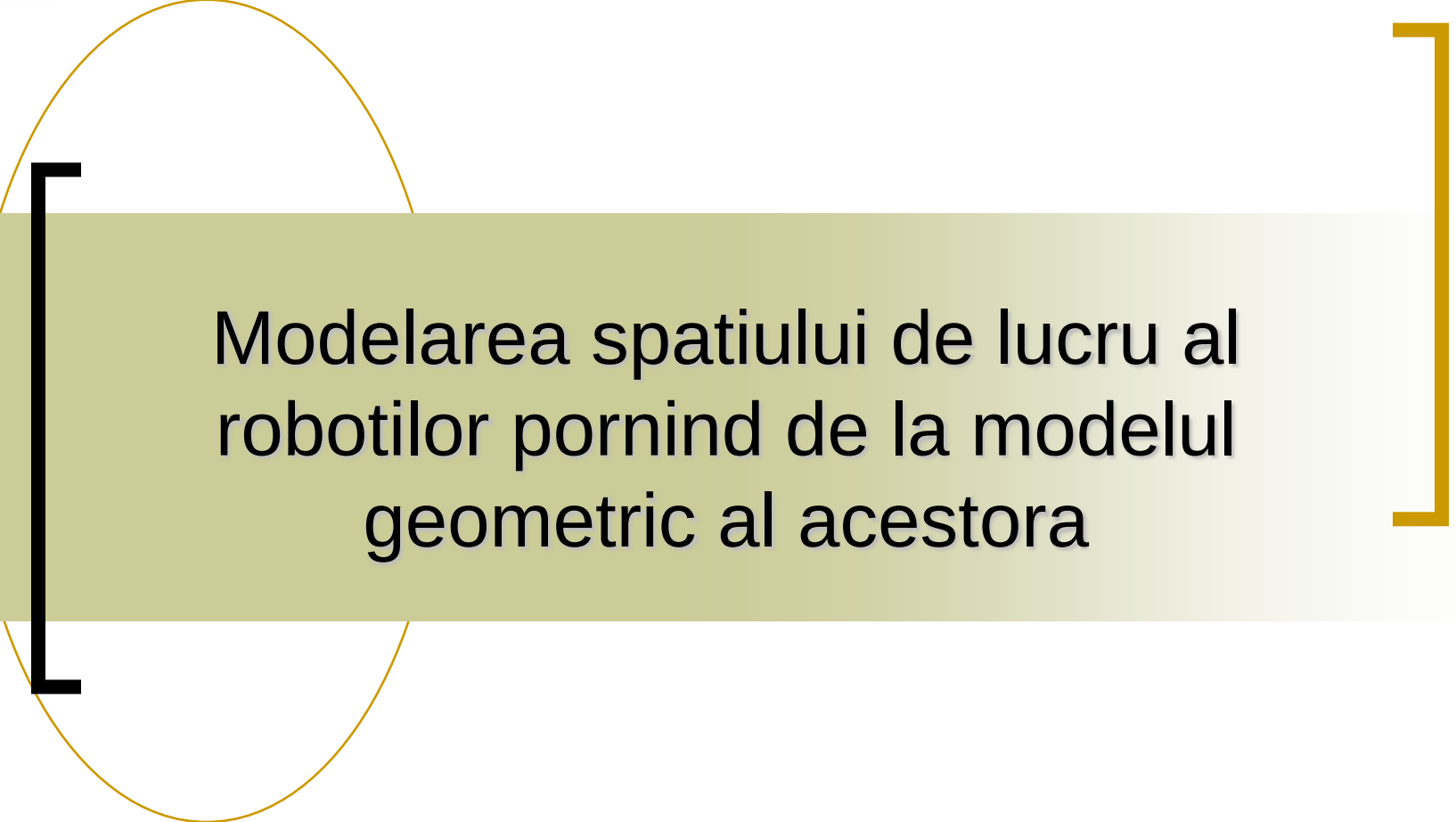




Modelarea spatiului de lucru al robotilor pornind de la modelul geometric al acestora

Dr. Ing. Calin Liviu VAIDA



[Conceptul CMIAR

Cu aproximativ 20 de ani în urmă, evoluția din tehnica face posibilă introducerea unei noi tehnici de intervenție chirurgicală: chirurgia minim invazivă.

În ultima parte a anilor 90, s-a concretizat o altă etapă evolutivă în dezvoltarea tehnicilor chirurgicale prin introducerea sistemelor robotizate în chirurgie. Aceste inovații au creat condițiile necesare pentru soluții minim invazive într-un spectru larg de proceduri chirurgicale complexe în cele mai variate specialități (toracică, abdominală, neurologică, ortopedică, etc.).

[Om versus robot in CMI]

Chirurgi	Roboti
Puncte forte Coordonare buna mana-ochi Dexteritate mare (la o scala a omului) Flexibil si adaptabil Poate integra si prelucra informatii complexe Poate folosi informatiile calitative O bună judecata Usor de informat	Puncte forte O precizie geometrica mare Stabil si imperturbabil Poate fi conceput pentru o varietate mare de functii Poate fi sterilizat Rezistent la radiatii si infectii Poate folosi diferiti senzori (chimici, fizici, acustici etc.) în control
Limitari Dexteritate limitata in afara scalei naturale Predispus la oboseala si tremur Limitare a preciziei geometrice Limitare in a folosi informatiile calitative Necesitatea unui camp de operatie mare Posibilitate limitata de sterilizare Vulnerabil la radiatii si infectii	Limitari Judecată slaba Dexteritate si coordonare mana-ochi limitate Limitat unor proceduri relative simple Pret ridicat Tot timpul in pas de a fi depasit din punct de vedere tehnologic Greu de construit si de reparat



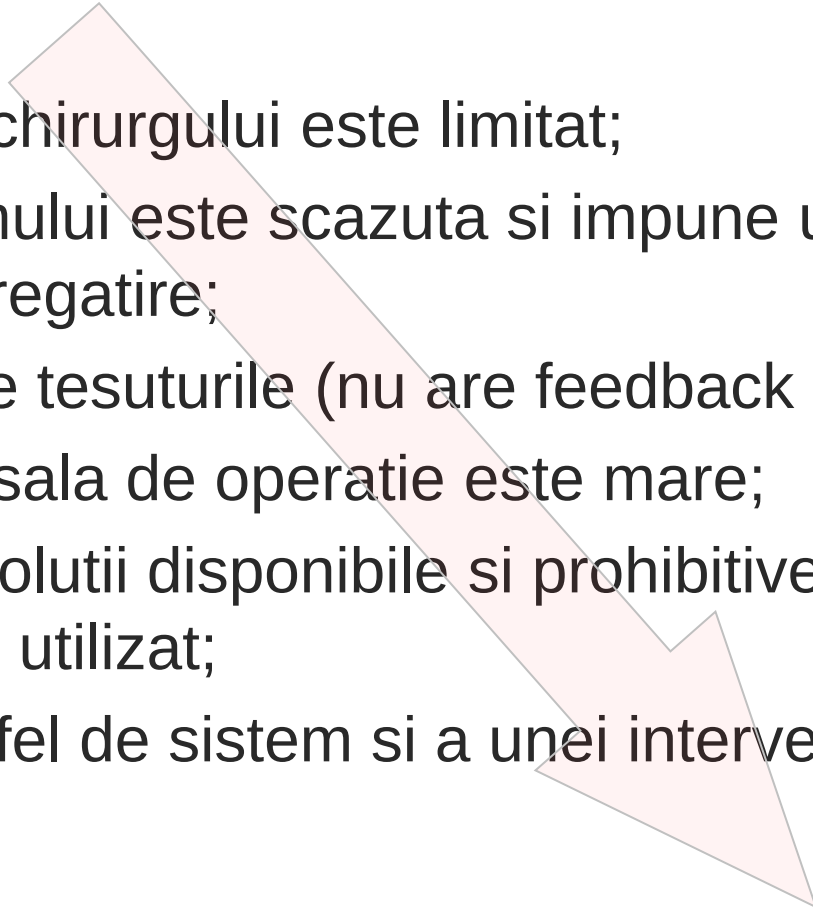
[Avantajele CMIAR]

- Distrugerea țesuturilor sănătoase este minimă;
- Durata de spitalizare, în majoritatea cazurilor este sub 24 de ore;
- Impactul psihologic al procedurii asupra pacientului este scăzut semnificativ;
- Datorită sistemului robotic precizia intervenției este sub o sutime de milimetru;
- Riscul unor tăieturi greșite (secționare de vase, atingerea unor nervi etc.) este minim;
- Riscul infecțiilor intraoperatorii este minim;
- Se pot realiza intervenții imposibile pe cale clasică.



[Dezavantajele CMIAR]

- Campul vizual al chirurgului este limitat;
- Ergonomia sistemului este scazuta si impune un numar mare de ore de pregatire;
- Chirurgul nu simte tesuturile (nu are feedback tactil);
- Spatiul ocupat in sala de operatie este mare;
- Numarul mic de solutii disponibile si prohibitive ca si costuri si dificil de utilizat;
- Costurile unui astfel de sistem si a unei interventii sunt foarte ridicate.



Necesitatea dezvoltării de noi structuri robotizate în CMI

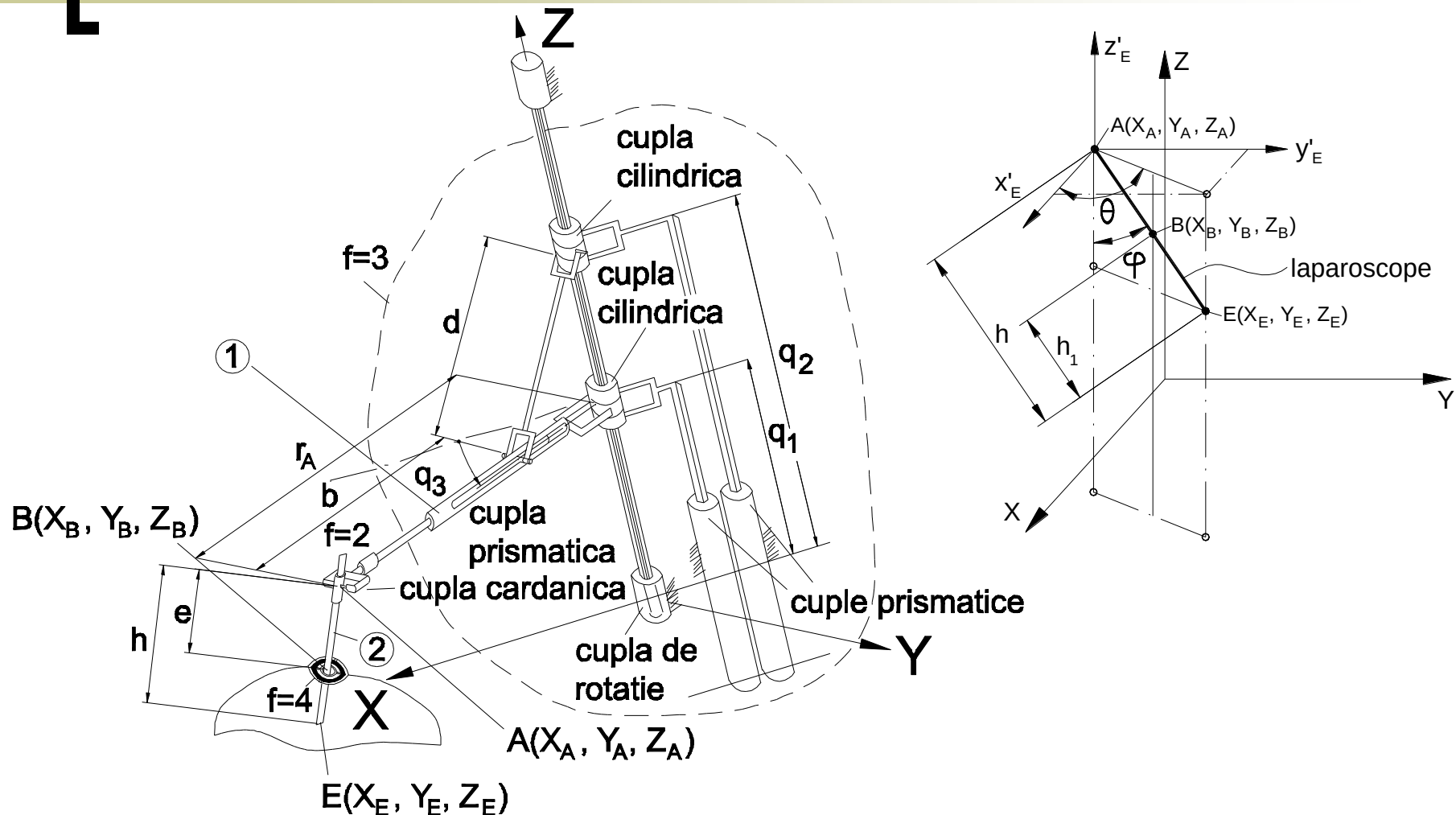
Se poate concluziona că sistemele robotizate aduc beneficii mari în sălile de operație, însă acestea sunt încă la început, iar reacțiile chirurgilor evidențiază:

- **eficacitatea sistemelor existente;**
- **nevoia dezvoltării unor sisteme mai accesibile din punct de vedere economic;**
- **integrarea pe scară largă a sistemelor robotizate în sălile de operații;**
- **încurajarea cercetărilor în domeniu pentru găsirea unor noi concepte care să elimine limitările și dezavantajele sistemelor existente.**

A horizontal line with a light beige gradient, flanked by a large black left bracket '[' on the left and a large yellow right bracket ']' on the right.

Definirea si modelul geometric
al unei structuri paralele
inovative pentru chirurgia
minim invaziva – PARAMIS

Schema cinematica a structurii paralele PARAMIS



[Modelul geometric]

Modelul geometric invers

Date

$$X_E, Y_E, Z_E$$



Necunoscute

$$q_i, i = 1, 2, 3$$

Modelul geometric direct

Date

$$q_i, i = 1, 2, 3$$



Necunoscute

$$X_E, Y_E, Z_E$$

Modelul geometric direct

Date: $q_1, q_2, q_3 \quad b, d, h; X_B, Y_B, Z_B$

Solutie analitica!

$$r_A = b + \sqrt{d^2 - (q_2 - q_1)^2}$$

$$X_A = r_A \cos q_3, Y_A = r_A \sin q_3, Z_A = q_1$$

Doua cazuri:

$$X_A \neq X_B, Y_A \neq Y_B$$

$$e = \sqrt{(X_B - X_A)^2 + (Y_B - Y_A)^2 + (Z_B - Z_A)^2}$$

$$\varphi = \arctan 2 \left(\sqrt{1 - \left(\frac{Z_A - Z_B}{e} \right)^2}, \frac{Z_A - Z_B}{e} \right)$$

$$\theta = \arctan 2(Y_B - Y_A, X_B - X_A)$$

$$\begin{cases} X_E = X_A + h \cdot \sin \varphi \cos \theta \\ Y_E = Y_A + h \cdot \sin \varphi \sin \theta \\ Z_E = Z_A - h \cdot \cos \varphi \end{cases}$$

$$X_A = X_B, Y_A = Y_B$$

$$\begin{cases} X_E = X_B, Y_E = Y_B \\ Z_E = Z_A - h \end{cases}$$

[Modelul geometric invers]

Date: X_E, Y_E, Z_E b, d, h, X_B, Y_B, Z_B

Solutie analitica!

$$h_1 = \sqrt{(X_B - X_E)^2 + (Y_B - Y_E)^2 + (Z_B - Z_E)^2}$$

$$\varphi = a \tan 2 \left(\sqrt{1 - \left(\frac{Z_B - Z_E}{h_1} \right)^2}, \frac{Z_B - Z_E}{h_1} \right) \quad \theta = a \tan 2(Y_E - Y_B, X_E - X_B)$$

Doua cazuri:

$$X_E \neq X_B, Y_E \neq Y_B$$

$$\begin{cases} X_A = X_E - h \cdot \sin \varphi \cos \theta \\ Y_A = Y_E - h \cdot \sin \varphi \sin \theta \\ Z_A = Z_E + h \cdot \cos \varphi \end{cases}$$

$$X_E = X_B, Y_E = Y_B$$

$$\begin{cases} X_A = X_E \\ Y_A = Y_E \\ Z_A = Z_E + h \end{cases}$$

$$r_A = \sqrt{X_A^2 + Y_A^2}$$

$$q_1 = Z_A$$

$$q_2 = q_1 + \sqrt{d^2 - (r_A - b)^2}$$

$$q_3 = a \tan 2(Y_A, X_A)$$

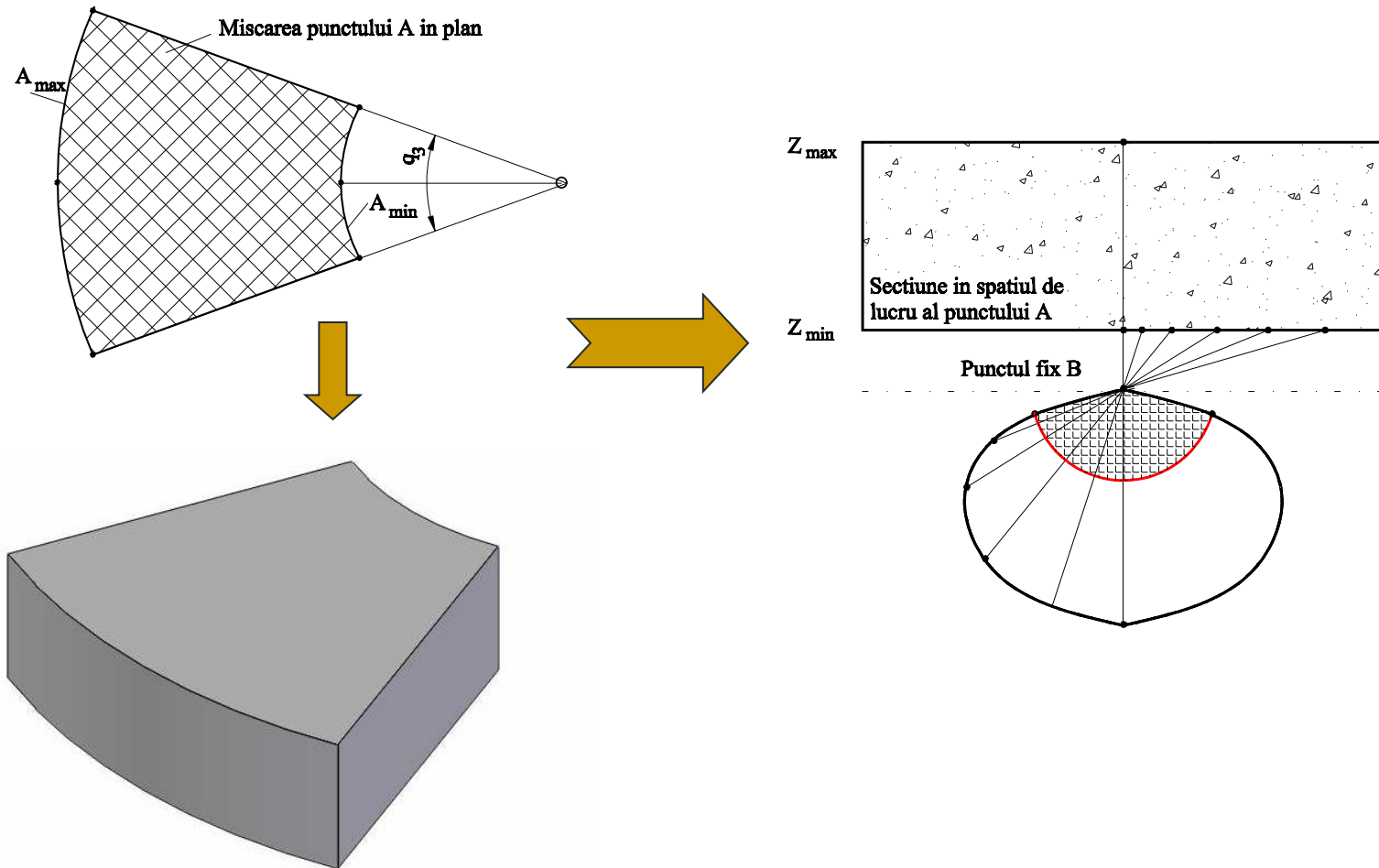


Modelarea spatiului de lucru a robotului PARAMIS

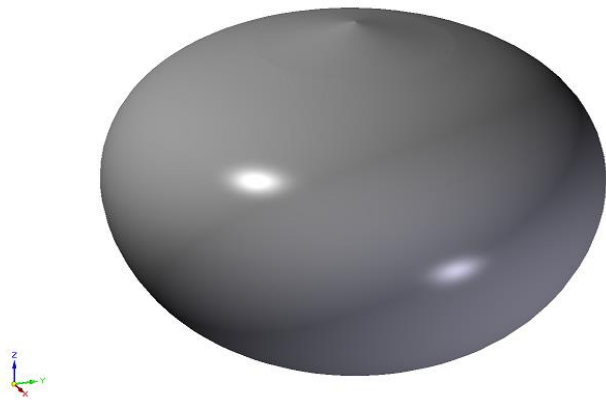
[Conditii impuse de actul chirurgical]

- Unghiul pe care îl face laparoscopul cu verticala să nu depășească 60 de grade;
- Distanța între punctul de fixare al laparoscopului în brațul robotului și punctul de inserție în abdomen să fie de minimum 50 mm;
- Distanța între cuplele motoare de translație să fie de minimum 50 mm (pentru a evita coliziunea între ele);
- Laparoscopul trebuie să rămână introdus în cavitatea abdominală pe o lungime cel puțin egală cu cea a trocarului (80 mm) – condiție impusă doar pentru generarea spațiului de lucru cu vizibilitate.

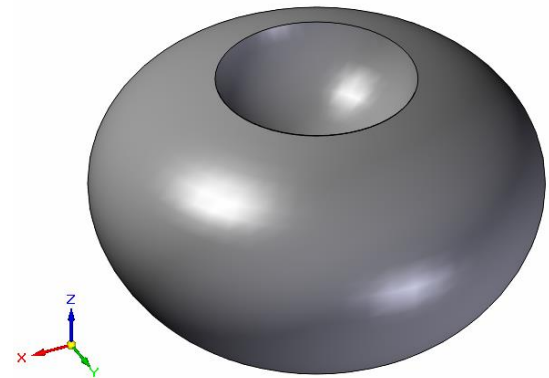
Determinarea geometrica a spatiului de lucru



Determinarea geometrica a spatiului de lucru



**Spațiul de lucru
efectiv al punctului E**



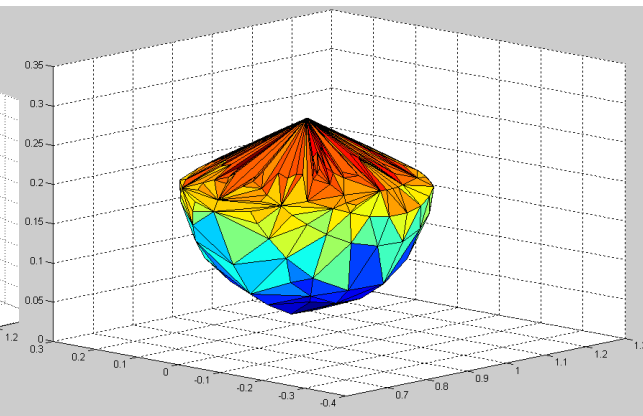
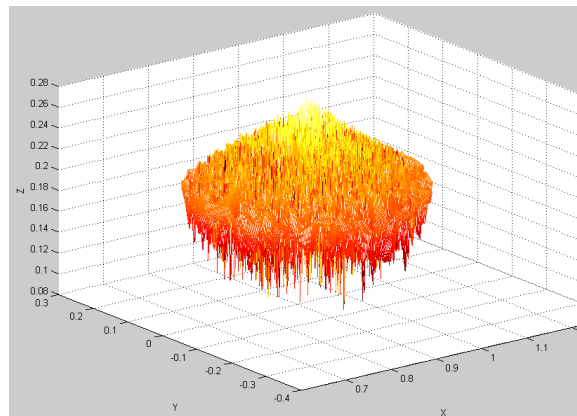
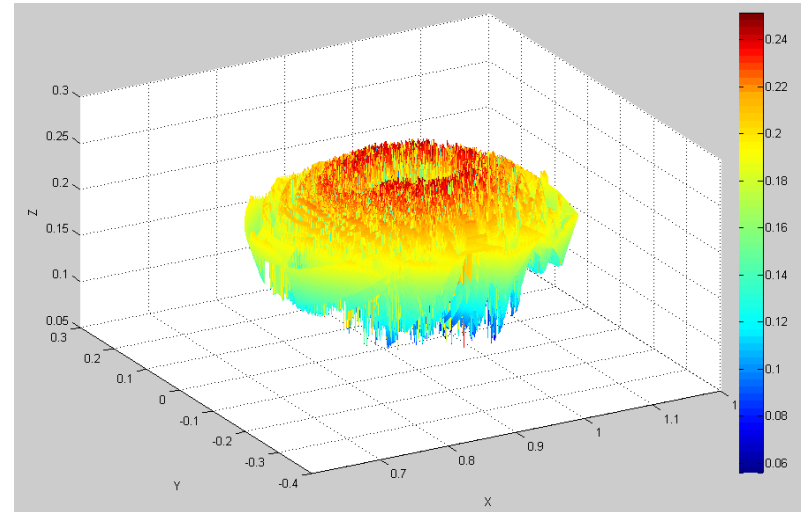
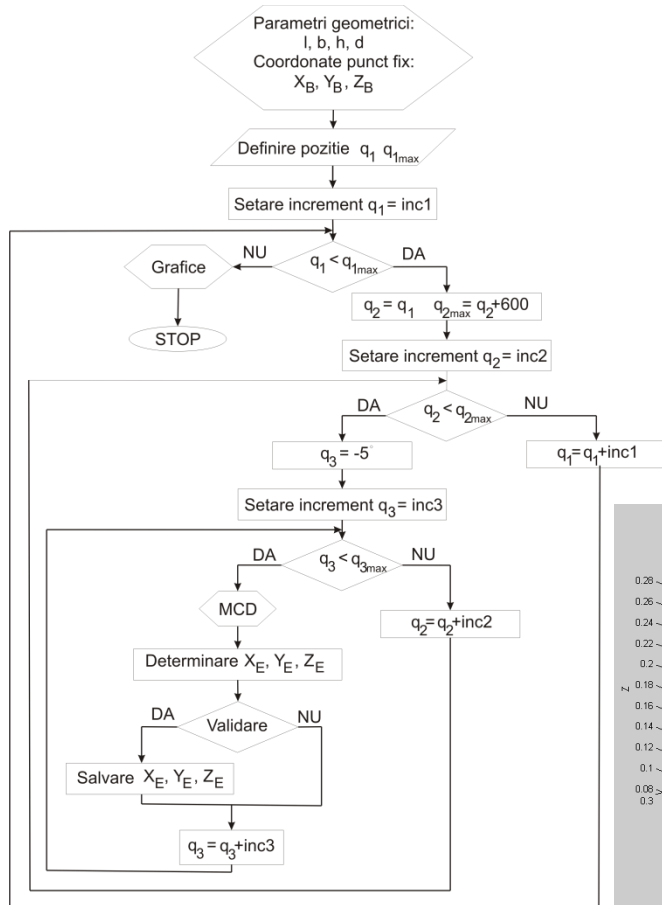
**Spațiul de lucru cu
vizibilitate al punctului E**

[Determinarea analitica a spatiului de lucru]

Pentru modelarea spatiului de lucru al unui robot se pot folosi doua abordari, in stransa corelare cu modelele geomtrice:

- Modelarea spatiului de lucru utilizand MGD
- Modelarea spatiului de lucru utilizand MGI

Determinarea analitica a spatiului de lucru - MGD



Determinarea analitica a spatiului de lucru - MGI

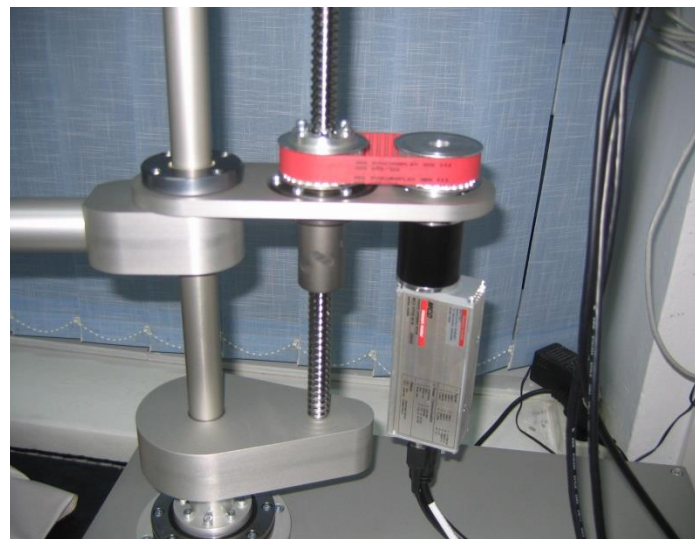
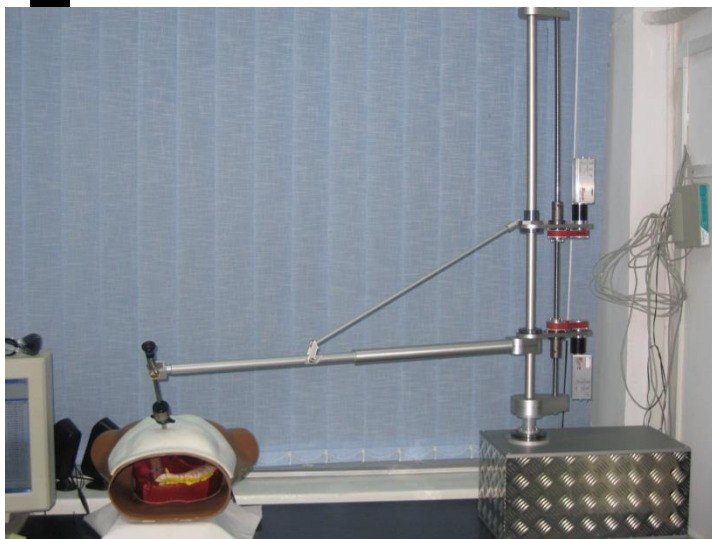
Dupa rulara celor doua programe raspundeti la urmatoarele intrebari:

1. Ce diferente se observa intre rezultate?
2. Care sunt cauzele aparitiei acestor diferente?
3. In reprezentarea spatiului de lucru prin a doua varianta exista o mica eroare in partea superioara a acestuia. Corectati programul.
4. Modificati programul pentru modelarea spatiului de lucru prin MGI pentru a obtine in acelasi timp, si corect, spatiul de lucru cu vizibilitate si spatiul de lucru total.

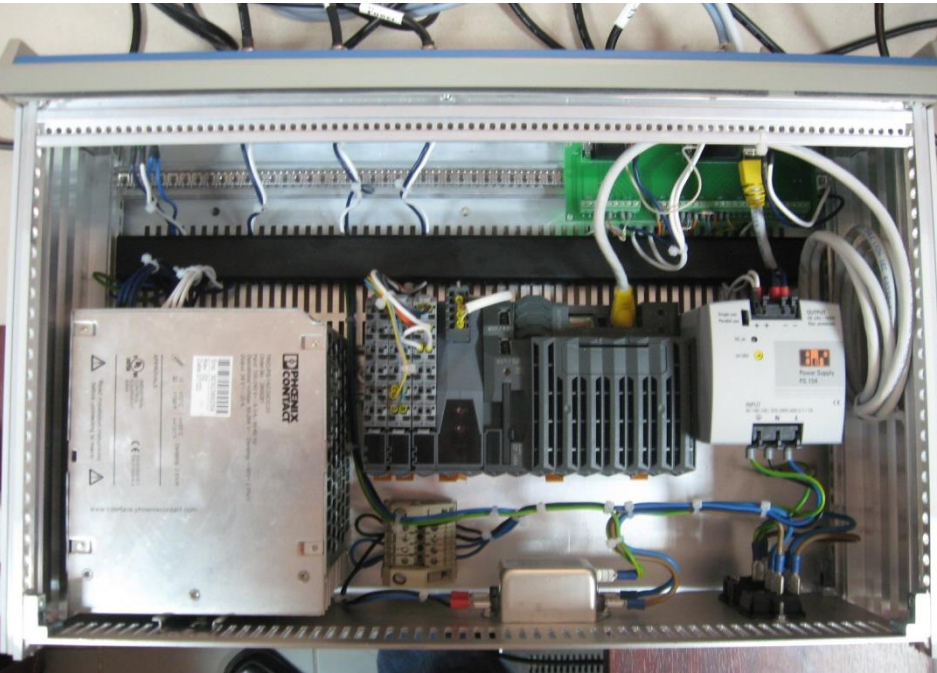
A horizontal line with a light beige gradient, spanning the width of the slide. On the left end, there is a large black opening square bracket '['. On the right end, there is a large yellow closing square bracket ']'.

Modelul experimental al robotului PARAMIS

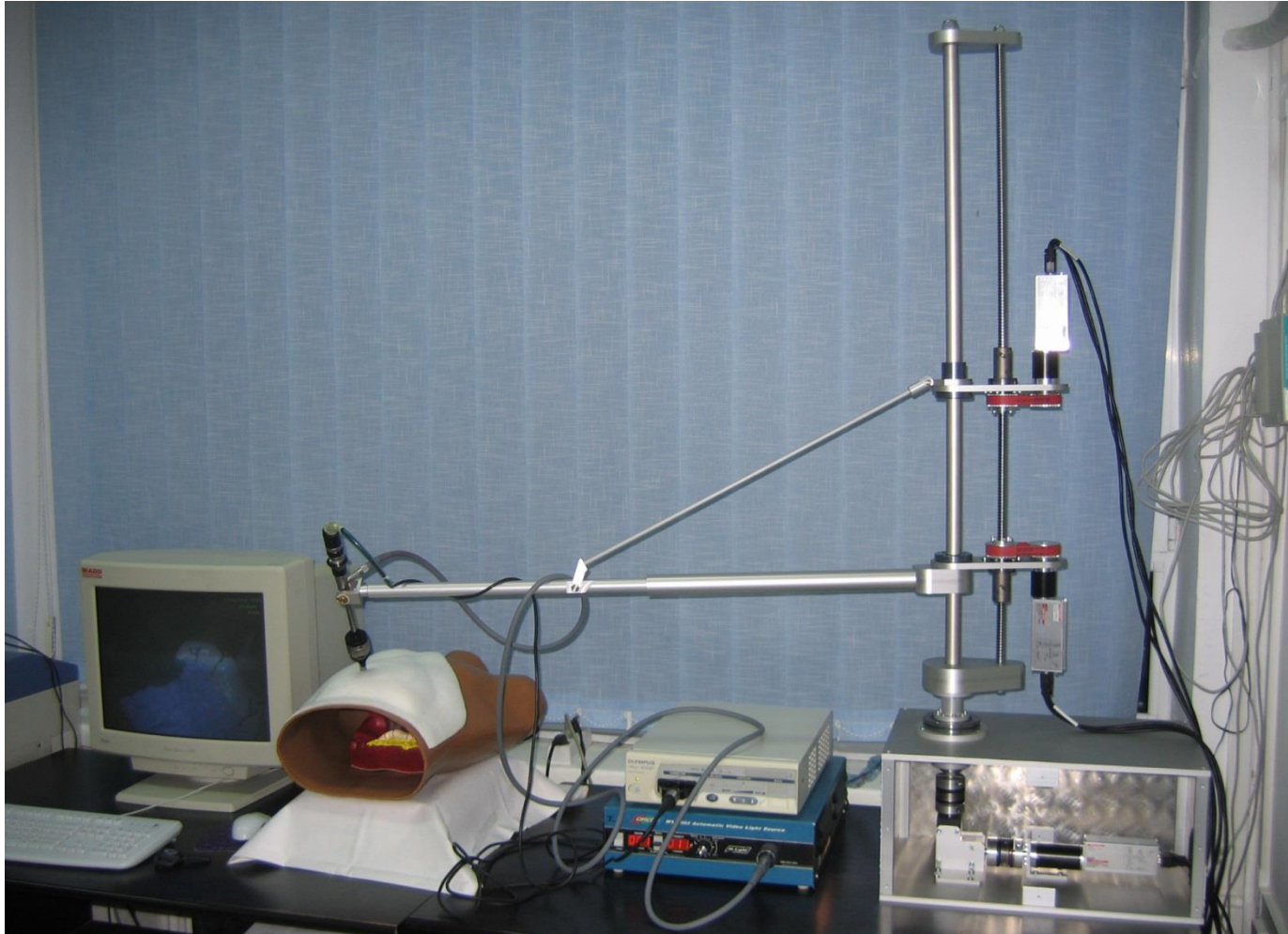
Structura mecanica a robotului PARAMIS



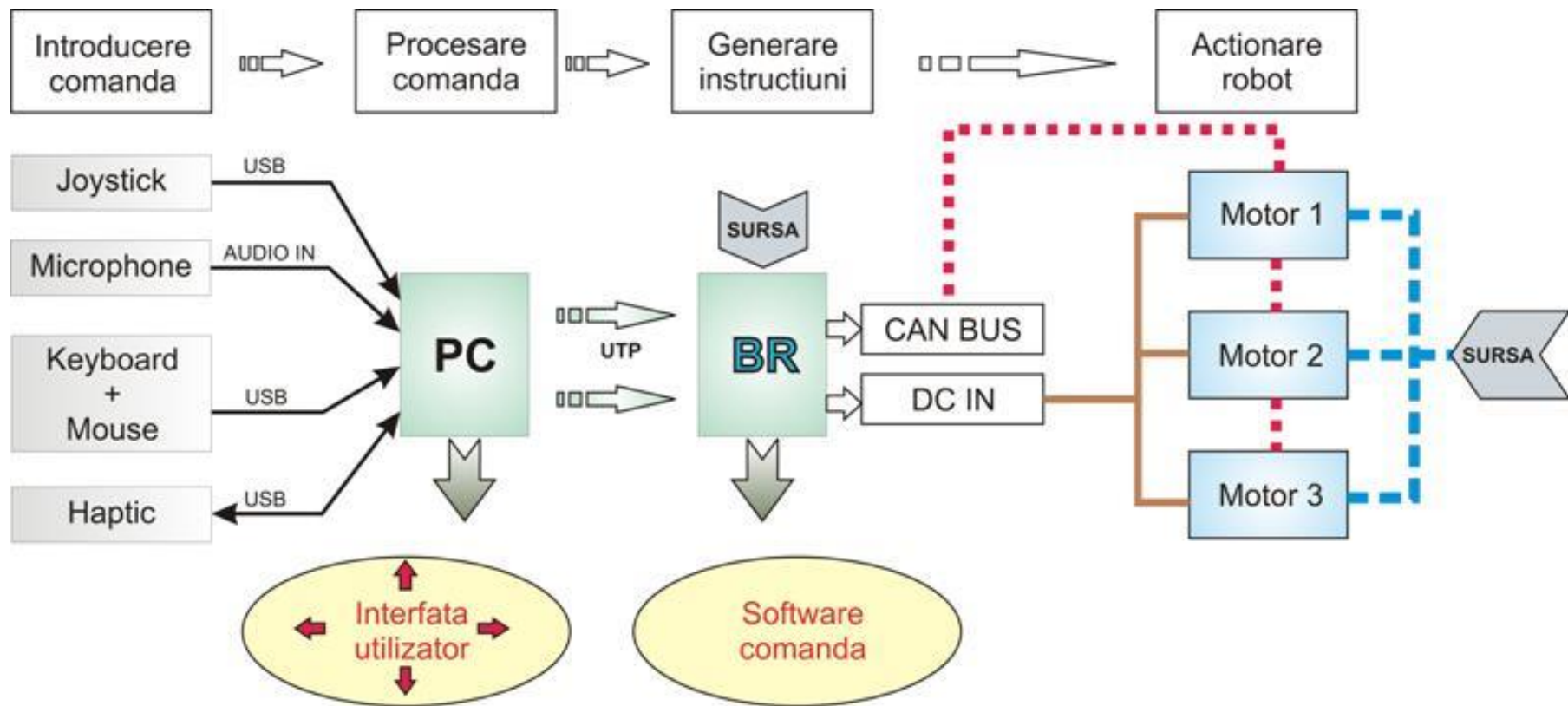
Panoul electric si de comanda al robotului PARAMIS



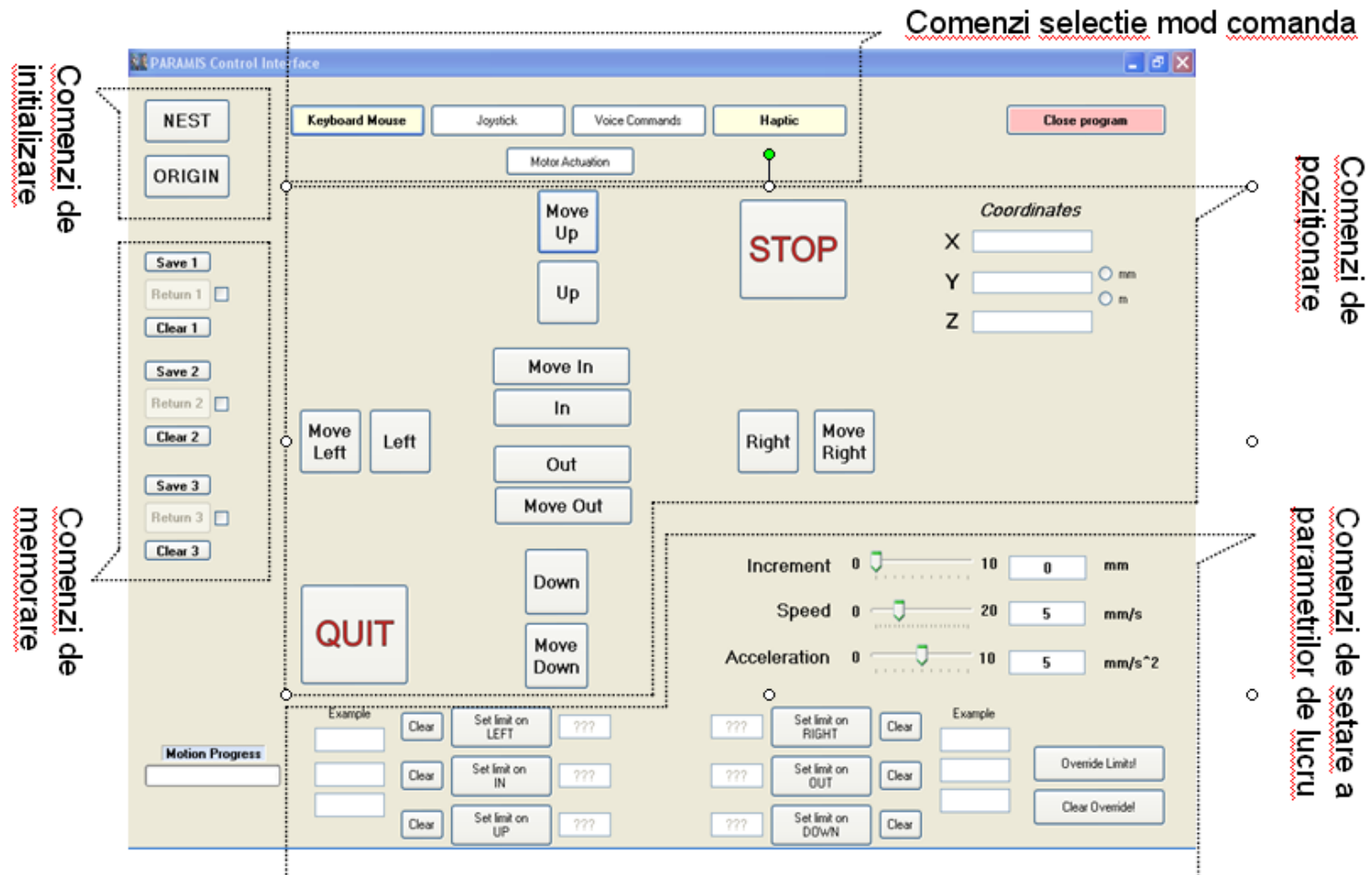
Modelul experimental al robotului PARAMIS



Schema de actionare a robotului PARAMIS



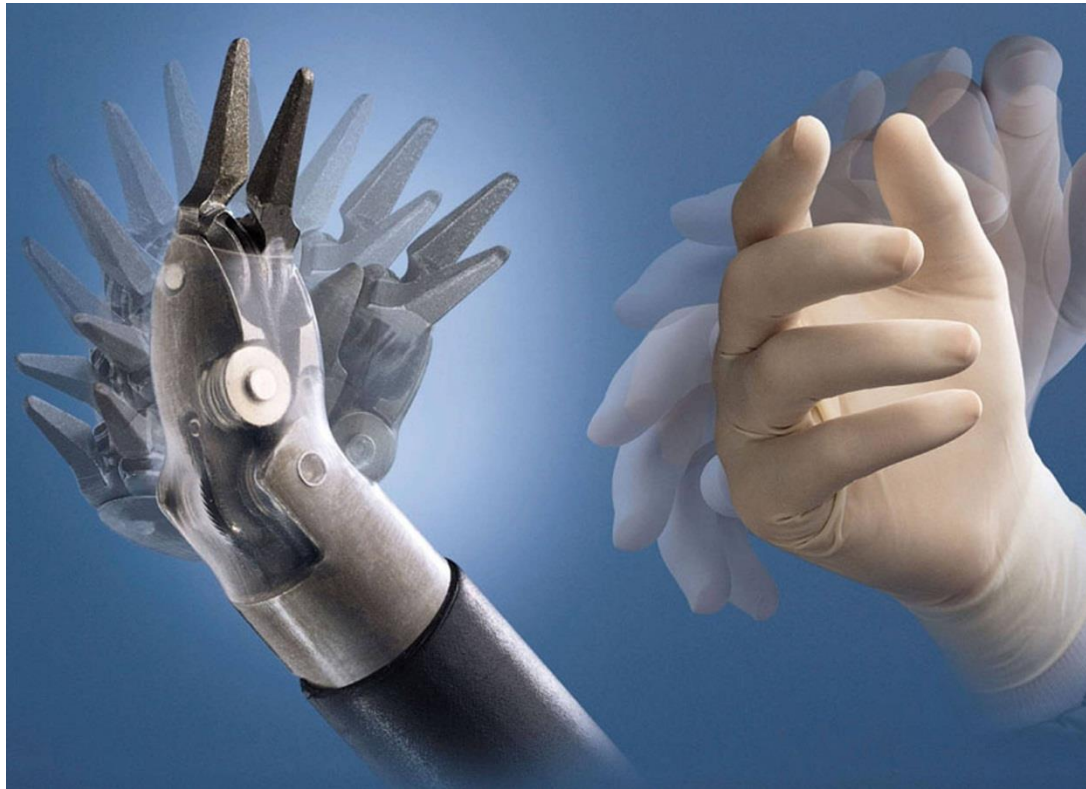
Comenzile definite ale robotului PARAMIS



[Teste experimentale cu robotul PARAMIS]



[Nimic nu e imposibil!]



Va multumesc pentru atentie!