

## Proiectarea tehnologică și controlul asistat de calculator

se propun următoarele subiecte de verificare a cunoștințelor (concepte) pentru partea de „Control asistat de calculator”;

1. Definirea vectorială a punctului, dreptei și a planului
2. Sistemul de palpate la măsurarea prin contact
3. Calibrarea sistemului de palpate
4. Construcția unui reper asociat la un sistem de referință specific
5. Sistem de referință piesă

### Bibliografie:

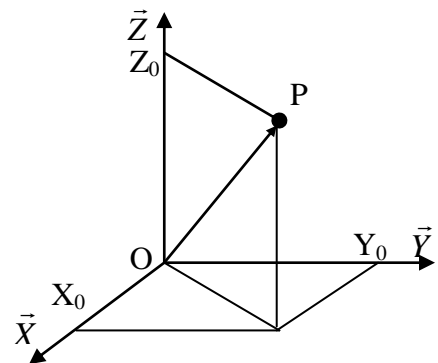
Tulcan A., Tulcan L, Iclănzan T., Sisteme de control, Editura Politehnica, Timișoara, 2006

### Definirea vectorială a punctului, dreptei și a planului

#### a) Definire vectorială punct

Dacă O este originea unui reper ortogonal, un punct P va fi definit prin trei coordonate  $(x_o, y_o, z_o)$  corespunzător vectorului  $\vec{OP}$ . Punctul, reprezentat în baza de date prin cele trei coordonate  $(x_o, y_o, z_o)$ , poate fi obținut:

- prin măsurare directă;
- ca și rezultat al asocierii unui element geometric la un nor de puncte;
- ca și rezultat a unei construcții geometrice între elemente geometrice conținute în baza de date.

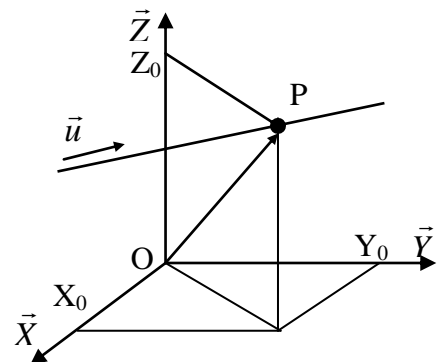


#### b) Definire vectorială dreaptă

O dreaptă este definită în baza de date prin trei coordonate  $(x_o, y_o, z_o)$  ale unui punct P aparținând dreptei și prin trei coordonate  $(a, b, c)$  ale unui vector unitar  $\vec{u}$  paralel cu dreapta.

Definirea vectorului unitar:

Dacă  $x_A, y_A, z_A$  sunt coordonatele unui punct A, și  $x_B, y_B, z_B$  cele ale unui punct B, vectorul  $\vec{AB}$  are coordonatele  $(x_B - x_A), (y_B - y_A), (z_B - z_A)$ . Un vector unitar  $\vec{u}$  paralel cu vectorul  $\vec{AB}$  va avea ca și coordonate, coordonatele vectorului  $\vec{AB}$  împărțite la modul  $|\vec{AB}|$ .



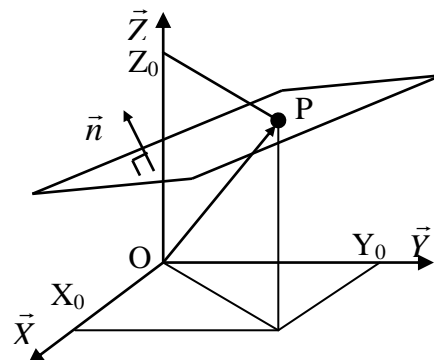
$$a = (x_B - x_A) / |\vec{AB}| \quad b = (y_B - y_A) / |\vec{AB}| \quad c = (z_B - z_A) / |\vec{AB}|$$

$$\text{unde: } |\vec{AB}| = \sqrt{(x_B - x_A)^2 + (y_B - y_A)^2 + (z_B - z_A)^2}$$

Entitatea dreaptă poate fi rezultatul asocierii unui element geometric la un nor de puncte sau poate fi rezultatul unei construcții geometrice efectuate pe baza elementelor geometrice conținute în baza de date.

### c) Definirea vectorială plan

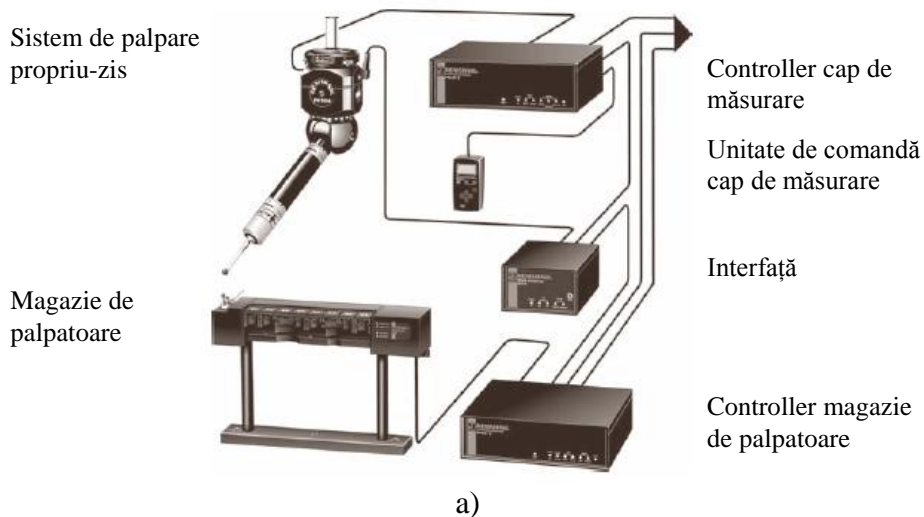
Un plan este definit prin trei coordonate ( $x_0, y_0, z_0$ ) ale unui punct P aparținând planului și prin trei coordonate ( $a, b, c$ ) ale unui vector unitar  $\vec{n}$  perpendicular pe plan. Entitatea plan poate fi rezultatul asocierii unui element geometric la un nor de puncte sau poate fi rezultatul unei construcții geometrice efectuate pe baza elementelor geometrice conținute în baza de date.

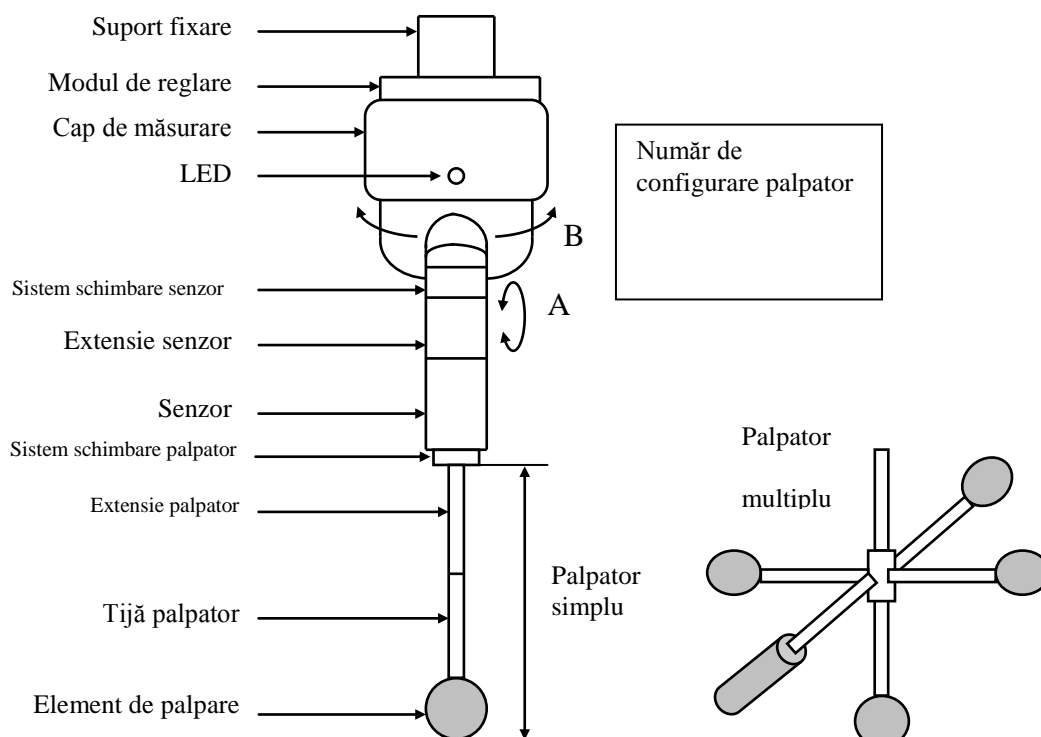


### Sistemul de palpare la măsurarea prin contact

Una din problemele principale ale măsurării în coordonate o constituie determinarea poziției în spațiu a unui punct. De asemenea concepția și realizarea practică a sistemului de palpare poate influența esențial nu numai precizia rezultatului ci și posibilitățile de automatizare a procesului de măsurare, influențând astfel economicitatea sa.

În fig.a este prezentată configurația generală a unui sistem de palpare, care poate să difere de la caz la caz în funcție de sistemul de palpare propriu-zis și de faptul că mașina poate fi echipată sau nu cu magazie de palpatoare. Elementele componente ale sistemului de palpare propriu-zis sunt prezentate în fig.b

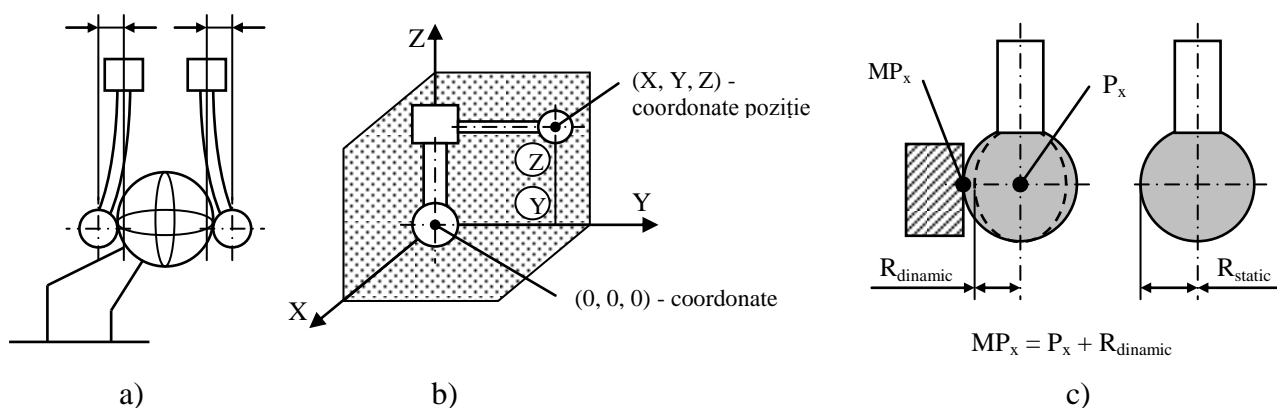




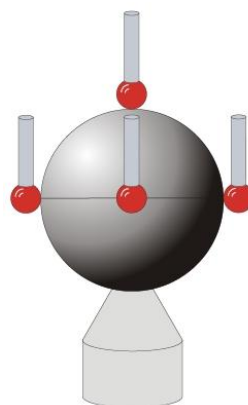
b)

### Calibrarea sistemului de palpare

De fiecare dată când palpatorul vine în contact cu piesa tija acestuia se deformează (fig.a). Mărimea deformației trebuie să fie cunoscută ca să poată fi corectată de către soft-ul de măsurare. În cazul în care avem un palpator multiplu este necesară cunoașterea poziției palpatoarelor față de palpatorul de referință (fig.b), care de regulă este palpatorul vertical.



Operația de calibrare a sistemului de palpare constă în identificarea razei și a poziției centrului sferei (la palpatoarele sferice) față de originea sistemului de referință a mașinii. În urma măsurării sferei de referință de precizie ridicată se determină în mod automat centrul sferei palpatorului și raza dinamică a sferei. Chiar dacă diametrul sferei palpatorului a fost determinat în prealabil, în regim static, cu precizie ridicată, în timpul măsurării are loc o ciocnire între sfera palpatorului și suprafața piesei, ciocnire care duce la modificarea diametrului sferei palpatorului. Din acest motiv, în timpul operației de calibrare se determină raza dinamică a sferei palpatorului (fig.c), care este mai mică decât raza statică cunoscută. Valoarea actuală a



punctului măsurat va fi determinată dinamic luând în considerare toți parametrii care modifică dimensiunea originală adevărată, cum ar fi fenomenele mecanice și electrice. Este foarte important ca măsurarea piesei să se facă în aceleași condiții în care a fost realizată calibrarea sistemului de palpate.

Calibrarea sistemului de palpate (a unui palpator) trebuie să se facă pentru fiecare element de palpate și fiecare orientare a acestuia în spațiul MMC. Calibrarea se poate face prin măsurarea unei sfere de referință (sferă etalon de precizie ridicată) având diametrul cuprins între 10 mm și 50 mm sau prin măsurarea unui element etalon (cală, inel, calibr) a cărei dimensiune este definită printr-o etalonare. Operația de calibrare a sistemului de palpate este în prealabil indispensabilă. Ea trebuie făcută cu mare grijă și dacă este posibil să fie confirmată printr-o contra-măsură, de regulă prin măsurarea sferei (elementului) de referință.

Operația de calibrare trebuie efectuată cu foarte mare atenție deoarece erorile de calibrare pot avea efecte dezastruoase asupra măsurărilor care urmează a fi efectuate. Pentru a elimina aceste neajunsuri se recomandă următoarele:

- după asamblarea manuală a palpatorului sau a palpatoarelor (în cazul unui palpator multiplu), datorită creșterii temperaturii acestora (din cauza încălzirii de la mână) calibrarea acestora se va face după aproximativ 15 minute, timp în care sunt lăsate să se răcească în pinola mașinii sau în magazia de palpatoare;
- fixarea sferei de referință și menținerea acesteia pe masa mașinii pentru calibrarea tuturor palpatoarelor din magazie;
- verificarea posibilității calibrării tuturor palpatoarelor din cadrul palpatorului multiplu, fără a exista riscul coliziunii acestora cu sfera de referință sau cu alte obiecte.

## Construcția unui reper asociat la un sistem de referință specific

### Reper piesă

Sistemul de referință piesă permite definirea reperului principal al piesei (exprimă în general funcția principală a piesei). El poate fi descris:

- printr-un *sistem de referință specific* exprimat printr-o condiție de precizie;
- *sub formă explicită*, prin exprimarea sub forma unui text a direcției primare, direcției secundare și a originii;
- prin utilizarea simultană a celor două modalități de mai sus.

### Regulă de citire a unui sistem de referință specific

Identificarea unui sistem de referință se face prin citirea abaterilor, literele majuscule a elementelor geometrice care constituie sistemul de referințe specificate sunt identificate în cadrul toleranței.

Referințele care constituie sistemul sunt în poziție exactă unele în raport cu altele.

**Baza de referință simplă** este identificată printr-o literă majusculă, diferită de cele existente în același desen.

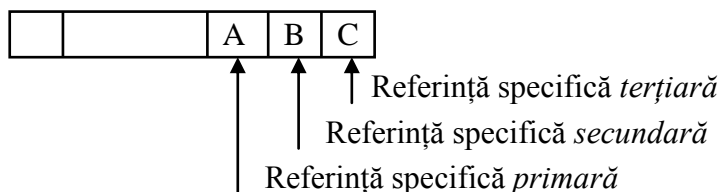
		A
--	--	---

**Baza de referință comună**, formată din două elemente de referință este identificată prin două litere separate printr-o liniuță.

		A-B
--	--	-----

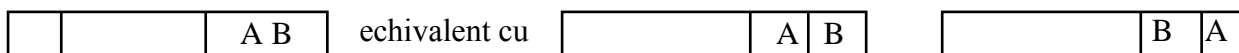
### Sistem ordonat

Când un sistem de referință specific este stabilit prin două sau mai multe elemente, adică prin referințe specifice multiple, literele lor de referință se înscriu în căsuțele următoare câmpului de toleranță respectând *ordinea de prioritate* a referințelor specificate.



În cazul în care ordinea de indicare a bazelor de referință nu este foarte importantă, literele de referință sunt puse în *aceeași căsuță*, situație în care referințele *nu sunt ordonate*, ceea ce va conduce la *mai multe sisteme de referință specifice*. În această eventualitate, condiția de precizie trebuie să fie verificată în diferite sisteme și deci costul controlului va crește.

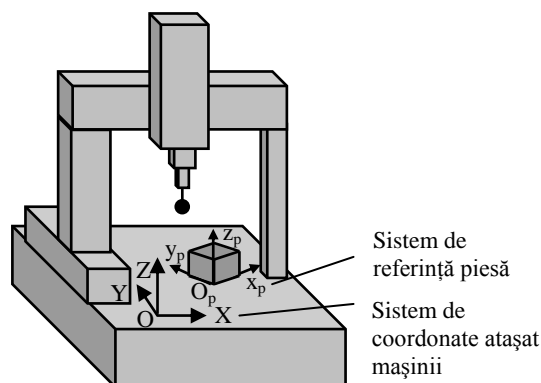
Exemplu:



În cazul a 3 litere rezultă 6 sisteme și deci 6 controale.

### Sistem de referință piesă

La măsurarea unei piese pe o mașină de măsurat în coordonate, piesa poate fi așezată în orice poziție în spațiul de lucru al mașinii. Pentru a realiza mai ușor programul de măsurare și pentru a interpreta rezultatele măsurării în conformitate cu cerințele de pe desen, piesei i se atașează un sistem de referință ( $O_p X_p Y_p Z_p$ ). Acest sistem de referință este specificat, de către proiectant, pe desen.



Un sistem de coordonate rectangular are *6 grade de libertate* în spațiu:

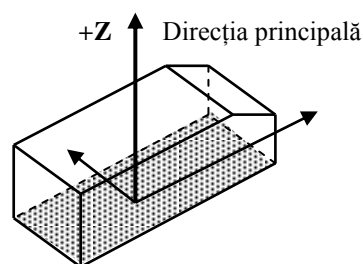
- 3 *translații* în lungul axelor X, Y, Z
- 3 *rotații* în jurul axelor X, Y, Z.

Când poziția sistemului de referință specific este clară, elementele geometrice trebuie *măsurate* și *construit* sistemul. Construirea sistemului de referință și preluarea celor 6 grade de libertate se face prin:

- aliniere primară
- aliniere secundară
- origine.

**Alinierea primară (spațială)** definește **planul** în care se situează două din cele trei axe ale sistemului de coordonate (*prima axă a sistemului de coordonate* – direcția principală).

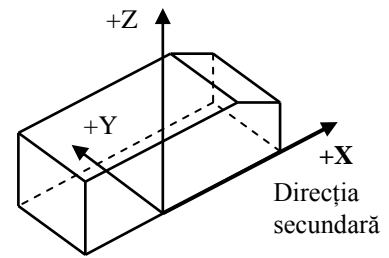
Sistemul de coordonate încă se poate roti și translata dar numai în planul de aliniere primară.



Două din cele șase grade de libertate posibile au fost fixate.

**Alinierea secundară (planară)** definește **direcția** uneia din cele trei axe ale sistemului de coordonate (a doua axă a sistemului de coordonate - direcția secundară).

Sistemul de coordonate poate acum să translateze numai în planul de aliniere primară, în lungul celei de-a doua axe (ex. X). Trei din cele șase grade de libertate posibile au fost acum fixate.

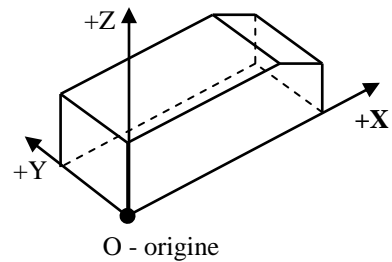


**OBS.** Două dintre elemente trebuie să aibă informații de direcție pentru a defini sistemul de referință (în cazul alinierii spațiale și planare). Elementele care au direcție sunt: dreapta, planul, cilindrul, conul, dreapta construită prin elemente geometrice, etc.

**Originea** poziționează sistemul de coordonate în **punctul zero**, preluându-se astfel și ultima translație.

Toate cele șase grade de libertate au fost astfel preluate.

Definirea sistemului de coordonate este completă și piesa poate fi măsurată.



În metrologia tridimensională se folosește sistemul rectangular dat de regula mâinii drepte.

