

Lisp 3D

En aquesta pràctica es demana que s'implementin les funcions necessàries per gestionar un entorn de dibuix de figures 3D.

S'hauran d'implementar els patrons de tres figures tridimensionals: un cub, un prisma triangular i un octaedre (veure la figura 1).

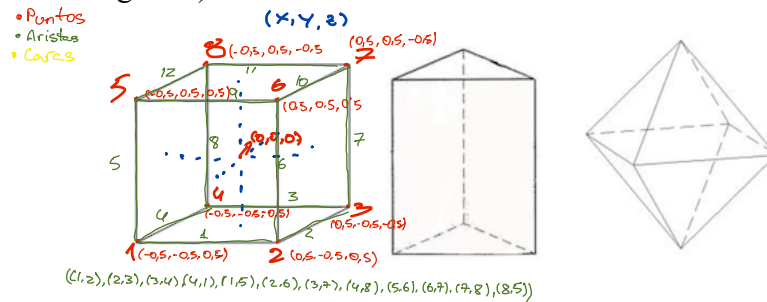


Figura 1. Un cub, un prisma triangular i un octaedre

Per representar cada una de les figures s'utilitzarà un model polièdric. Un model polièdric consisteix en representar una figura amb polígons definits per les seves cares, les arestes que formen cada cara i els punts que formen cada aresta. A la figura 2 teniu un exemple de com es definiria el model polièdric d'una piràmide quadrangular.

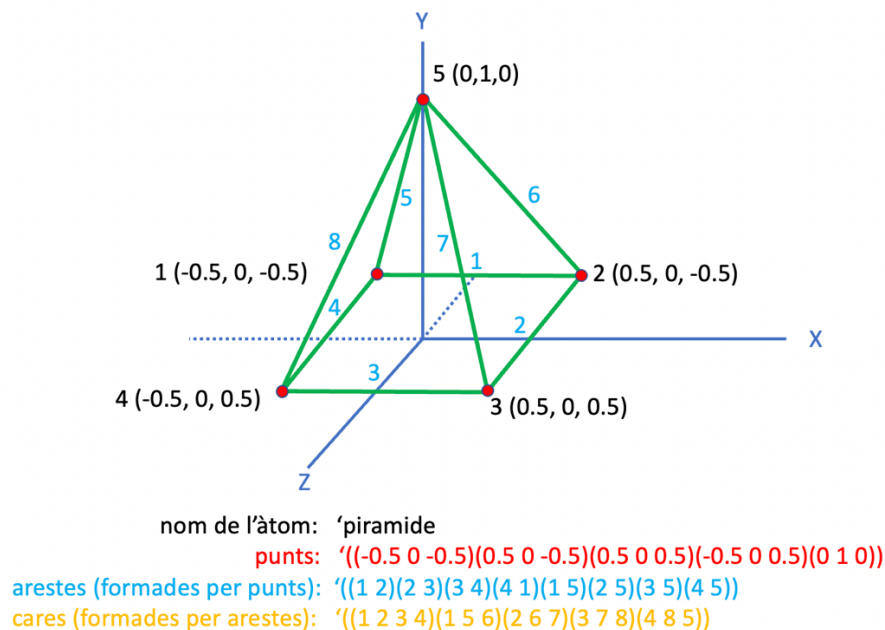


Figura 2. Definició d'una piràmide quadrangular

On cada cara de la llista indica les arestes que la formen (el seu ordre dins la llista d'arestes) i cada aresta els punts que té (el seu ordre dins la llista de punts). Finalment la llista de punts dona la coordenada 3D de cada vèrtex respecte al sistema de coordenades triat. Tots els costats d'aquestes figures han de tenir inicialment 1 unitat de longitud .

Per exemple, la cara 3 de la piràmide quadrangular està formada per les arestes 2, 6 i 7. L'aresta 2 està formada pels punts (0.5, 0, -0.5) i (0.5, 0, 0.5), l'aresta 6 està formada pels punts (0.5, 0, -0.5) i (0,1,0) i l'aresta 7 està formada pels punts (0.5, 0, 0.5) i (0,1,0).

Totes aquestes característiques s'hauran de guardar dins una llista de propietats per a cada patró. Per exemple un àtom "piràmide-quadrangular" tendria les propietats **punts**, **arestes** i **cares** per guardar la informació sobre la geometria de la piràmide que hem definit a l'exemple.

A partir d'aquests patrons, es podran crear figures, és a dir, podríem tenir una escena on hi hagués diferents cubs, prismes i octaedres. A més del patró al que representen, cadascuna d'aquestes figures ha de tenir associada una matriu de transformació de 4x4 (de 4 files i 4 columnes), que serveix per definir la posició que tindrà una figura dins la nostra escena. A n'aquesta matriu s'hi posa la translació, l'escalat i les rotacions respecte a cada eix, tal i com s'especifica a continuació.

Una matriu es representarà en forma de llista de files:

((a11 a12 a13 a14) (a21 a22 a23 a24) (a31 a32 a33 a34) (a41 a42 a43 a44))

i cada una de les transformacions es representarà de la següent forma:

Translació:

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ T_x & T_y & T_z & 1 \end{bmatrix}$$

on T_x , T_y i T_z indiquen la translació respecte a cada eix

Escalat:

$$\begin{bmatrix} E_x & 0 & 0 & 0 \\ 0 & E_y & 0 & 0 \\ 0 & 0 & E_z & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

on E_x , E_y i E_z indiquen els factors d'escalat respecte a cada eix

Rotació respecte a l'eix X:

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \alpha & \sin \alpha & 0 \\ 0 & -\sin \alpha & \cos \alpha & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

on α és l'angle de rotació en radians

Rotació respecte a l'eix Y:

$$\begin{bmatrix} \cos \alpha & 0 & -\sin \alpha & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ \sin \alpha & 0 & \cos \alpha & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

on α és l'angle de rotació en radians

Rotació respecte a l'eix Z:

$$\begin{bmatrix} \cos\alpha & \sin\alpha & 0 & 0 \\ -\sin\alpha & \cos\alpha & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

on alfa és l'angle de rotació en radians

Així, cada figura tindrà un nom, el patró que segueix, un color amb què es pintarà i la propietat **matriu** per guardar la seva transformació. Aquesta matriu inicialment serà la matriu identitat de 4x4.

Per dibuixar una figura, a cada vèrtex se li han d'aplicar les transformacions que s'han fet. Aquestes transformacions s'apliquen multiplicant les coordenades de cada vèrtex per la matriu de transformació (multiplicar un vector per una matriu). Les dimensions de la finestra de dibuix són de 640x375 píxels, per tant, heu de sumar 320 a la coordenada x de cada vèrtex i 187 a la coordenada y de cada vèrtex, per fer que la figura es pinti al centre de la pantalla.

Les diferents transformacions que s'apliquen successivament a una figura es van concatenant multiplicant la matriu de la figura per a cada una de les transformacions, de manera que si un cub es trasllada i es rota, primer multiplicarem la matriu de l'objecte per la de translació i després per la de rotació.

Pensau que les matrius són de 4x4 per tant, a l'hora de multiplicar un punt per la matriu haureu d'afegir un 1 al final del punt, per poder tenir un vector de 4 elements i poder fer la multiplicació. Exemple: si el punt és el (0.5 -0.5 1), a l'hora de multiplicar haureu de posar (0.5 -0.5 1 1). Això es fa per poder acumular totes les transformacions (inclosa la translació) dins una única matriu.

Què s'ha de fer a la pràctica?

La pràctica tindrà dues parts. La **part 1** és obligatòria i puntua sobre 8. La **part 2** és optativa i puntua sobre 2.

A la **part 1** haureu d'implementar les següents funcions:

- (inicia-patrons): crearà els àtoms pel cub, prisma i octaedre amb totes les seves propietats (les cares, les arestes i els punts)
- (crea-figura nom patró color): És una funció que permet la creació d'una figura 3D a partir del patró triat i guarda aquesta figura dins la propietat "figures" de tipus llista d'un àtom "escena".

ex: (crea-figura 'cub1 'cub '(255 0 0))

crea un cub anomenat cub1, amb el patró "cub" i de color vermell i el guarda dins una llista anomenada "figures".

Cada figura haurà de tenir, doncs, les propietats patró, color i una matriu de transformació inicialitzada amb la matriu identitat.

- (borra-figura f): borra la figura f de l'escena (i de la pantalla)
- (cls-figura f): borra la figura f només de la pantalla
- (borra-figures): borra tot el contingut de l'escena (i de la pantalla)

- (pinta-figura f): dibuixa la figura f. A partir de les seves cares, s'han d'agafar les arestes i dibuixar-les. Per pintar, basta considerar les coordenades x i y de cada punt, la z no s'ha d'utilitzar més que pels càlculs 3D.
- (pinta-figures): pinta totes les figures de la llista de “figures” de l'escena
- (translacio dx dy dz): Defineix una matriu identitat de 4x4 i substitueix la part corresponent a la translació pels valors dx, dy i dz.

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ dx & dy & dz & 1 \end{bmatrix}$$

- (escalat ex ey ez): Defineix una matriu identitat de 4x4 i substitueix la part corresponent a l'escalat pels valors ex, ey i ez.

$$\begin{bmatrix} dx & 0 & 0 & 0 \\ 0 & dy & 0 & 0 \\ 0 & 0 & dz & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

- (rotax a): Defineix una matriu identitat de 4x4 i substitueix la part corresponent a la rotació al voltant de l'eix x d'un angle a (en radians).

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \alpha & -\sin \alpha & 0 \\ 0 & \sin \alpha & \cos \alpha & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

- (rotay a): Defineix una matriu identitat de 4x4 i substitueix la part corresponent a la rotació al voltant de l'eix y d'un angle a (en radians).

$$\begin{bmatrix} \cos \alpha & 0 & -\sin \alpha & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ \sin \alpha & 0 & \cos \alpha & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

- (rotaz a): Defineix una matriu identitat de 4x4 i substitueix la part corresponent a la rotació al voltant de l'eix z d'un angle a (en radians).

$$\begin{bmatrix} \cos \alpha & -\sin \alpha & 0 & 0 \\ \sin \alpha & \cos \alpha & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

- (trasllada-figura f x y z): trasllada la figura f, x unitats a l'eix x, y unitats a l'eix y i z unitats a l'eix z (multiplicant la matriu de transformació de la figura per la matriu corresponent a la translació).
- (rota-figura f x y z): rota la figura f, x unitats respecte a l'eix x, y unitats respecte a l'eix y i z unitats respecte a l'eix z (multiplicant la matriu de transformació de la figura per les matrius corresponents a les rotacions).
- (escala-figura f x y z): escala la figura f, un factor x respecte a l'eix x, un factor y respecte a l'eix y i un factor z respecte a l'eix z (multiplicant la matriu de transformació de la figura per la matriu corresponent a l'escalat).
- (inicia-figura f): posa la figura f a la seva posició inicial (matriu identitat a la transformació)

A la **part 2**, utilitzant les funcions definides a la part 1, haureu d'implementar la funció animació:

- (animacio f): permet animar interactivament la figura *f* utilitzant el teclat. Pitjant la *r* per la rotació, la *t* per la translació i la *e* per l'escalat. S'ha de mostrar a dalt de la pantalla el text *animació* quan es crida. Pitjant la *r*, la *t* o la *e* es crida respectivament a les funcions:
 - (anima-rotacio f) : mostra el text *rotació* a dalt de la pantalla i permet rotar la figura *f* respecte a l'eix *x* (fletxes esquerra i dreta del teclat) i a l'eix *y* (fletxes amunt i avall del teclat). Les rotacions seran de 5 en 5 graus. Pitjant la tecla *q* es torna a mostrar la paraula *animació* a la part superior i s'espera una nova acció (*r*, *t* o *e*).
 - (anima-translacio f): mostra el text *translació* a dalt de la pantalla i permet traslladar la figura *f* respecte a l'eix *x* (fletxes esquerra i dreta del teclat) i a l'eix *y* (fletxes amunt i avall del teclat). Les translacions seran de 5 en 5 píxels. Pitjant la tecla *q* es torna a mostrar la paraula *animació* a la part superior i s'espera una nova acció (*r*, *t* o *e*).
 - (anima-escalat f): mostra el text *escalat* a dalt de la pantalla i permet escalar la figura *f* amb les fletxes esquerra i dreta del teclat. Els escalats seran d'un factor 2 (multiplicació o divisió depenent de si s'augmenta o es disminueix la seva grandària). Pitjant la tecla *q* es torna a mostrar la paraula *animació* a la part superior i s'espera una nova acció (*r*, *t* o *e*).

Quan esteim en el mode d'animació (surta la paraula *animació* a la part superior de la pantalla), podem tornar a pitjar la *q* per acabar l'animació.

Com podem dibuixar les coses a LISP?

Per al dibuix, es disposa de les següents funcions, que actuen sobre la pantalla de LISP:

- (cls) : esborra completament la pantalla.
- (color R G B) : estableix el color d'escriptura (R, G i B són valors de 0 a 255 i representen la component de cada color: vermell, verd i blau.
- (move x y) : mou el punt on es troba el llapis a la posició (x, y) sense pintar.
- (moverel x y) : mou el punt on es troba el llapis *x* píxels horitzontalment i *y* píxels verticalment sense pintar.
- (draw x y): pinta des de la posició en què es troba el llapis fins al punt x, y (pintat absolut).
- (drawrel x y) : desplaça el llapis *x* píxels horitzontalment i *y* píxels verticalment, pintant tot el recorregut (pintat relatiu).

Per treballar en mode text tenim la funció:

- (goto-xy m n): col·loca el cursor d'escriptura a la columna *m* i la fila *n* (mode text).
- (cleol): borra des del cursor fins al final de la línia

Per utilitzar el teclat a la **part 2**, podeu utilitzar la funció:

- (get-key): Llegeix i retorna el codi de la tecla pitjada. Alguns dels codis que vos poden ser útils són:
 - "r": 114
 - "t": 116
 - "e": 101

"q": 113
"fletxa esquerra": 331
"fletxa dreta": 333
"fletxa amunt": 328
"fletxa avall": 336

Podeu fer servir el *setq* per guardar temporalment el codi de la tecla i així basta demanar quina tecla s'ha pitjat al principi de la funció:

(setq key (get-key)) ; podeu comparar el valor de "key" per veure quina
; tecla ha pitjat l'usuari

Funcions trigonomètriques i d'arrodoniment:

(sin x) : calcula el sinus de l'angle x (expressat en radians).
(cos x) : calcula el cosinus de l'angle x (expressat en radians).
(realpart (round (x))): aquesta combinació converteix el número real x en enter. Serà necessari per arrodonir i convertir en enters els números reals
(les funcions de dibuix només funcionen amb enters).

Pista sobre la multiplicació de matrius: La posició (i, j) resultant de multiplicar dues matrius, és el producte escalar entre la fila i de la primera matriu i la columna j de la segona matriu:

$$\begin{pmatrix} 1 & 2 \\ -3 & 0 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 3 & 5 \\ 4 & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \cdot 3 + 2 \cdot 4 & 1 \cdot 5 + 2 \cdot 1 \\ -3 \cdot 3 + 0 \cdot 4 & -3 \cdot 5 + 0 \cdot 1 \end{pmatrix}$$

Heu de tenir en compte que la coordenada (0,0) correspon al punt inferior esquerra de la finestra i que les dimensions de la finestra de dibuix són de 640x375 píxels.

Nota: Només es podrà utilitzar setq a l'inici d'una funció per guardar un valor temporal, com, per exemple, el de la tecla pitjada

Notes:

- Aquest exercici s'ha de fer en grups de tres persones.
- S'ha d'entregar el dia de l'examen.
- Mecanisme d'entrega: Pujada al node corresponent d'Aula digital fins al dia de l'examen.
- S'ha d'entregar un fitxer amb el codi LISP comentat i amb el nom "lisp3d.lsp" (recordeu que els comentaris en lisp s'inicien amb el caràcter ';'). A l'inici del fitxer heu de posar el nom complet dels integrants del grup.

- El procediment per comprovar el funcionament de l'exercici consistirà en llegir l'arxiu entregat amb un "load" dins l'interpret de LISP per posteriorment comprovar l'execució de les funcions. Comprovau si aquest procediment funciona amb el vostre fitxer abans d'enviar-ho.

Criteris d'avaluació:

- La nota total de la pràctica serà la suma de la nota de les parts 1 i 2.
- Per a l'avaluació es considerarà:
 - La correctesa de les funcions implementades
 - L'organització i comentaris del codi font
 - El funcionament de la pràctica